

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 551 028**

51 Int. Cl.:

**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: **11.01.2005 E 05711380 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.08.2015 EP 1711928**

54 Título: **Amplificador celular de corto alcance**

30 Prioridad:

**12.01.2004 US 535930 P**

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

**13.11.2015**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**MOHEBBI, BEHZAD, BARJASTEH**

74 Agente/Representante:

**PONS ARIÑO, Ángel**

**ES 2 551 028 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

Amplificador celular de corto alcance

Antecedentes

5 Las redes celulares existentes, tales como el Sistema global para las comunicaciones móviles (GSM, por sus siglas en inglés) y el estándar IS95, pretenden proporcionar una cobertura continua y de distribución contagiosa, que se espera de tales sistemas para dar soporte a la elevada movilidad de los terminales. Sin embargo, a pesar del cuidadoso diseño de las redes, la cobertura en interiores (dentro de edificios), o la cobertura en lugares con una elevada atenuación debido a sombras de señal (por ejemplo, en túneles) de dichas redes, es a menudo "parcheada", con "huecos de cobertura" en el mejor de los casos, y sin cobertura en el peor de ellos. La razón de este impedimento para la cobertura en interiores, estriba en que las estaciones están habitualmente situadas en el exterior de los edificios, a mayor altura que la altura media de los edificios, para proporcionar cobertura en un área amplia. Aunque la señal puede ser adecuada a "nivel de calle", se ve seriamente atenuada por el material de las edificaciones, reduciéndose la potencia de la señal en el interior de los edificios, lo que tiene como resultado convergencias deficientes. La pérdida de potencia de señal (atenuación) depende del material del edificio y puede ser de decenas de dBs por cada evento de penetración de las paredes. El problema se ve exacerbado en los sistemas de tercera generación, tales como el Acceso Múltiple por División de Código de Banda Ancha (WCDMA, por sus siglas en inglés) y cdma2000, ya que estos nuevos sistemas tienen una capacidad elevada de transmisión de datos, lo que implica una menor energía por bit de información ( $E_b$ ), y un balance de enlace y una huella de celda mucho más reducidos. Actualmente, las soluciones más comunes para proporcionar cobertura en interiores son:

- 20 I) Más estaciones base de exterior en la misma área geográfica, lo que soporta tamaños de celda más pequeños.
- II) Microceldas.
- III) Picoceldas (celdas en el interior de edificios).
- IV) Repetidores convencionales.

25 Claramente, todas las anteriores soluciones (excepto la solución del repetidor) son muy costosas e implican una gran inversión en la infraestructura de las redes celulares, y son mucho más complejas en su planificación y operación. Existen otras soluciones tales como repetidores que pueden ser utilizadas para amplificar la señal en un área geográfica determinada.

30 La solución del repetidor, aunque más económica que la estación base, tiene diversas desventajas. Estos repetidores de exterior son aún demasiado costosos para un usuario privado e implican una planificación cuidadosa. La mayoría utiliza grandes antenas direccionales, o frecuencias de backhaul (red de retorno) adicionales para reducir las especificaciones de ganancia de la antena, lo que tiene como resultado una eficacia espectral inferior y es de capacidad de ganancia limitada. Los repetidores tienden a transmitir la potencia de transmisión máxima permitida y a menudo generan un aumento de interferencia en la red, y por consiguiente pueden resultar inadecuados para los operadores de red. Los repetidores de interior son aún más económicos que la versión de exterior, pero habitualmente implican la instalación de antenas direccionales altas en el tejado, y un aislamiento de la antena asegurado, lo que crea una costosa demanda de instalación y de operación experta. Por lo tanto, el sistema generalmente sigue siendo demasiado complicado para un usuario no experto y no lo suficientemente económico para su uso en un área de cobertura mucho más localizada.

40 La patente WO 03/032524 revela un retransmisor de propagación que se utiliza para la distribución de una señal inalámbrica a través de un recinto. El retransmisor de propagación recibe una señal inalámbrica que se envía desde una estación base en una frecuencia de enlace descendente. El retransmisor de propagación convierte la señal de enlace descendente y la transmite de forma inalámbrica, utilizando una frecuencia diferente, a puertos de interfaz de la estación móvil situada en el interior del recinto. Los puertos de interfaz de la estación móvil convierten la señal nuevamente en una señal en la frecuencia del enlace descendente y la envía, a través de un enlace inalámbrico, a estaciones móviles en el interior del recinto. La comunicación de las estaciones móviles a la estación base tiene lugar de la misma manera.

Por tanto, de acuerdo a un aspecto, es un problema proporcionar un repetidor que permita una comunicación mejorada entre una estación base y un móvil.

50 Este problema se resuelve mediante un repetidor que tiene las características reveladas en la reivindicación 1. Los modos de realización preferidos se definen en las reivindicaciones dependientes.

Resumen

De acuerdo con un modo de realización de un dispositivo de comunicación, un repetidor hace de mediador en el tráfico entre un transceptor de red y un transceptor de usuario en un sistema 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 vía de comunicación bidireccional entre la 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 del 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 conformadores de haz acoplados respectivamente a la unidad de red y la unidad de usuario, y adaptados para comunicar señales en una banda de frecuencia de operación y para adaptar el aislamiento de la radiofrecuencia entre la unidad de red y usuario para permitir la máxima potencia radiada aparente a ser transmitida entre las antenas en la unidad de red y la unidad de usuario, en donde los conformadores de haz comprenden antenas direccionales y utilizan técnicas de procesamiento espacial y temporal adaptativas avanzadas para el aislamiento mutuo de la comunicación de señales entre la unidad de red y la unidad de usuario en una banda de frecuencia operativa de los transceptores de red y de usuario; y un generador/transmisor de señales de calibración que genera un impulso de canal complejo utilizando correlación. Más aún, se proporcionan antenas direccionales que utilizan un procesamiento de la señal especial para el aislamiento mutuo de la señal de comunicación entre la unidad de red y la unidad de usuario en una banda de frecuencia operativa.

Breve descripción de los dibujos

Los modos de realización de la invención que hacen referencia tanto a la estructura como al método de operación, pueden entenderse mejor en referencia a la siguiente descripción y a los dibujos que la acompañan en donde:

La Figura 1 es un diagrama de bloques esquemático que ilustra un modo de realización de una red celular con dos estaciones base;

La Figura 2 es un diagrama de bloques esquemático que representa un modo de realización de la parte de enlace directo de un repetidor;

La Figura 3 es un diagrama de bloques que muestra un modo de realización de la parte de enlace inverso de un repetidor;

La Figura 4 es un diagrama de bloques esquemático que ilustra un modo de 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 un modo de realización de un sistema que incluye una unidad de red que implementa diversidad de antena;

La Figura 6 es un diagrama de bloques esquemático que representa un modo de realización de un repetidor que utiliza dos antenas para la diversidad de antena;

Las Figuras 7A, 7B, 7C, y 7D son diagramas de flujo que representan modos de realización del flujo de operación del sistema para una unidad de red;

Las Figuras 8A, 8B, 8C, y 8D son diagramas de flujo que representan modos de realización del flujo de operación del sistema para una unidad de usuario;

La Figura 9 es un diagrama de bloques que ilustra un modo de realización de una implementación digital de una unidad de red que incluye múltiples antenas que pueden ser utilizadas para diversidad de antena;

La Figura 10 es un diagrama de bloques esquemático que ilustra un modo de realización de una implementación digital de una unidad de usuario que incluye múltiples antenas que pueden ser utilizadas para diversidad de antena;

La Figura 11 es un diagrama de bloques que muestra un modo de realización de una implementación analógica de un repetidor back-to-back;

La Figura 12 es un diagrama de bloques esquemático que muestra un modo de realización de una implementación digital de un repetidor back-to-back;

Las Figuras 13A, 13B, y 13C son diagramas de flujo que muestran un modo de realización del flujo de operación de un repetidor back-to-back;

Las Figuras 14A y 14B son diagramas de bloque simplificados y un gráfico espectral que ilustran una operación de filtrado de canal;

Las Figuras 15A, 15B, y 15C ilustran respectivamente un diagrama de bloque de un filtro de canales, un gráfico espectral que muestra coeficientes del filtro de canales, y una tabla que representa los coeficientes para un modo de realización de un filtro de canales; y

Las Figuras 16-19 son diagramas de bloque esquemáticos que muestran otras realizaciones del repetidor.

#### Descripción detallada

El sistema revelado en la presente patente proporciona una cobertura mejor y localizada en interiores, sin causar excesiva interferencia en la red, sin la utilización de un equipo costoso o de una planificación de red. El sistema aumenta la capacidad global de la red, reduciendo la potencia de transmisión del móvil y de la BTS, aumentando la vida de la batería y reduciendo radiación "perjudicial" para el usuario.

Las descripciones de los modos de realización ilustrados están basados en una red GSM (Sistema Global para Comunicaciones), que es un sistema basado en Acceso Múltiple por División de Tiempo – Dúplex por División de Frecuencias (TDMA/FDD) que opera en diversas bandas del espectro, dependiendo de las regulaciones del país y de la región. Sin embargo, la revelación, con pequeñas modificaciones, es igualmente aplicable a cualquier otro sistema celular, incluyendo (pero sin limitarse a) IS95, cdma2000 y WCDMA, y con modificaciones adicionales, puede aplicarse a sistemas LAN inalámbricos tales como 802.11a, b, y g. Aunque la descripción se proporciona para sistemas celulares, con modificaciones poco importantes, puede igualmente aplicarse a otros sistemas tales como GPS o cualquier otro sistema que utilice la capacidad de la amplificación de señal. La frecuencia de operación puede estar en una parte seleccionada del espectro de comunicaciones utilizado para comunicaciones móviles (por ejemplo, las bandas PCS 1900, o DCS1800 o GSM900 o UMTS 2000, ISM o UNII). La descripción en la presente patente pretende ser únicamente un ejemplo y como tal la utilización del amplificador no está limitada únicamente a la cobertura en el interior de edificios y puede ser utilizada en otros lugares tales como trenes, aviones, coches, túneles, etc. Además, el ejemplo puede no incluir todos los detalles de diseño pequeños y sin importancia. Las unidades y sub-unidades tratadas y explicadas de aquí en adelante cumplen con las regulaciones de la banda de operación respectiva con licencia y sin licencia. Por lo tanto, para los diferentes ejemplos de implementaciones y modos de realización revelados, se cumplen especificaciones que incluyen máxima potencia de transmisión, máscara espectral, radiación fuera de banda, y otras para transmisores, receptores y amplificadores, tanto en bandas de operación con licencia como en bandas 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 habitual da soporte a más de dos estaciones base. El sistema revelado puede ser aplicado en redes de cualquier tamaño, independientemente del número de estaciones base a las que den soporte. La BTS1 101 se conecta al controlador de la estación base BSC1 107. La BTS2 102 se conecta al controlador de la estación base BSC2 108. La BTS2 102 puede también conectarse al controlador de estación base BSC1 107, en lugar del BSC2 108. El BSC1 107 se conecta al centro de conmutación de servicios móviles MSC 109. La BSC2 108 se conecta al MSC 109, o en lugar de ello puede conectarse a otro MSC en la red. El MSC 109 se conecta a la red telefónica pública conmutada o 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, habitualmente la red está planificada de tal forma que existe un solapamiento considerable, para facilitar las transferencias. El terminal móvil 105 se encuentra en el interior del edificio 106, en el área de cobertura 103 que comunica con la BTS1 101, utilizando un canal de tráfico transmitido alrededor de 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 del BCCH, o puede estar en una portadora del TCH, donde pueden utilizarse los 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 se encuentra dentro del área de cobertura 103 y la potencia de señal media de la BTS1 101 es mucho más fuerte que la potencia de señal media de la BTS2 102, en el interior del edificio 106, y el área de localización de la unidad móvil 105. La media cuadrática (rms) del nivel de señal del enlace directo  $S_1$ , en el exterior del edificio 106 es más elevado que la rms del nivel de la señal  $S_2$  en el interior del edificio por la pérdida  $\alpha$  por la penetración en la pared. La pérdida  $\alpha$  puede ser tal que la  $S_2$  no esté a un nivel suficientemente elevado para que la unidad móvil 105 mantenga una comunicación fiable con la BTS1 101, o BTS2 102, o ambas, la BTS1 101 y la BTS2 102. Además, el nivel de señal  $S_2$  puede ser tal que la unidad móvil 105 puede tener dificultad para establecer y mantener un enlace de comunicación con la BTS1 101 o BTS2 102, o ambas, la BTS1 101 y la BTS2 102, o el enlace de comunicación no tiene la fiabilidad y rendimiento seleccionados, en todas o en algunas de las áreas de interior. El problema de cobertura en el interior del edificio 106 puede resolverse mediante el incremento de potencia de transmisión de la BTS1 101 en el enlace descendente para combatir la pérdida de señal  $\alpha$ , por la penetración en la pared. La rms del nivel de señal de enlace inverso  $S_1'$ , en el interior del edificio 106 es mayor que la rms del nivel de señal  $S_2'$ , en el exterior del edificio, por la pérdida  $\alpha'$  por

penetración en paredes. La pérdida  $\alpha'$  puede ser tal que el  $S_2$  no sea un nivel suficientemente alto para la unidad móvil 105 como para mantener una comunicación fiable con la BTS1 101, o BTS2 102, o con ambas, la BTS1 101 y la BTS2 102. Además, el nivel de señal  $S_2$  puede ser tal que la unidad móvil 105 puede tener dificultad para establecer y mantener un enlace de comunicación con la BTS1 101 o BTS2 102, o con ambas, la BTS1 101 y la BTS2 102, o el enlace de comunicación no tiene el rendimiento y fiabilidad seleccionados, en todas o algunas de las áreas de interior. El problema de cobertura en el interior del edificio 106 puede solucionarse mediante un incremento de potencia de transmisión desde la unidad móvil 105 en el enlace ascendente, para combatir la pérdida de señal por la pérdida por penetración en paredes,  $\alpha'$ . Habitualmente, los pares de frecuencia de enlace directo e inverso están lo suficientemente cerca, de tal manera que el nivel  $\alpha$  es sustancialmente similar al nivel  $\alpha'$ .

La Figura 2 representa una parte de enlace directo 230 del repetidor 200. La parte de enlace directo 230, de una manera sencilla, proporciona una cobertura de interior mejorada amplificando el nivel de señal en el interior de un edificio en el enlace directo de la red celular. La BTS1 213 tiene un canal de radiofrecuencia BCCH (canal baliza) transmitido sustancialmente cercano a la  $f_1$ . La BTS1 213 se encuentra en comunicaciones con la unidad móvil 214 en una frecuencia sustancialmente cercana a la  $f_1$  (la frecuencia portadora del BCCH) u otra frecuencia portadora,  $f_2$ , que puede o no ser por saltos de frecuencia. Puede o no haber otras frecuencias que sean transmitidas 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 independientes, la "unidad de red de enlace directo" 201, que se sitúa donde existe una buena cobertura de señal, en interior o en exterior, y la "unidad de usuario de enlace directo" 202, que se sitúa donde no existe una buena cobertura de señal, en interior o en exterior. La unidad de red de enlace directo 201 se conecta a una antena 203, sintonizada para operar en la banda de frecuencia de operación de la red celular. La unidad de red de enlace directo 201 también se conecta a una antena 204 sintonizada para operar en bandas de frecuencias de Infraestructura de Información Nacional sin Licencia (conocidas como bandas U-NII), en donde el sistema está diseñado para operar en bandas del espectro U-NII. Sujeto a las regulaciones relevantes, el sistema puede además estar diseñado para operar en la banda de "Unlicensed Personal Communications Services" (servicios de comunicaciones personales sin licencia) (U-PCS, por sus siglas en inglés) o en la banda de frecuencias en las áreas industrial, científica y médica (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 radiofrecuencia conocido como bandas U-NII pueden ser implementadas en algunos modos de realización. Resultan de utilidad algunas modificaciones del diseño para la operación en la banda ISM. Dichas modificaciones se relacionan con el factor de ensanchamiento mínimo de 10 especificado para la operación en la banda ISM, y la potencia de transmisión máxima permitida. Si el sistema está diseñado para operar en la banda ISM, la señal puede utilizar una modulación/demodulación adicional del espectro ensanchado y otras modificaciones para cumplir con las especificaciones de las regulaciones FCC 47 CFR Apartado-15, sub-apartado E.

Las bandas de frecuencia definidas para las operaciones en U-NII son tal como sigue a continuación:

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

Se permite cualquier operación con licencia en la banda U-NII, siempre que las transmisiones de señal cumplan con la regulación FCC 47 CFR Apartado-15. Así que la operación del amplificador descrito generalmente cumple con los estándares de la regulación FCC 47 CFR Apartado-15 (sub-apartado E para las frecuencias de U-NII). Las regulaciones especifican habitualmente la potencia de transmisión, los límites de emisión, y los límites de ganancia de la antena, y se implementan para un dispositivo aceptable.

La "unidad de usuario de enlace directo" 202 se conecta a una antena 205 sintonizada para operar en la misma banda de frecuencia que la antena 204, que es una banda U-NII en algunos modos de realización. La unidad de usuario de enlace directo 202 también se conecta 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 además a un filtro de paso de banda 232. La unidad LNA 207 puede ser un amplificador de alto rendimiento, con una ganancia habitual de 15dB y un factor de ruido de 1,5dB con suficiente ancho de banda para cubrir la parte apropiada del espectro, de forma manual o automática. El filtro de paso de banda 232 puede diseñarse para dejar pasar todas o una parte deseada del espectro de frecuencias celular de interés, o puede ser un grupo de filtros de paso de banda que se solapan, cubriendo todo el espectro al completo del sistema celular de interés, con un conmutador de RF, de tal manera que la banda y ancho de banda seleccionados puedan seleccionarse. El filtro de paso de 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 en una parte deseable del espectro U-NII, e incluye componentes tales como

mezcladores y filtros para una correcta operación. El convertidor de frecuencia 208 se conecta al transmisor 209 de la unidad de red de enlace directo. La unidad de transmisor 209 se diseña para operar en una banda U-NII y se ajusta a las regulaciones FCC 47 CFR Apartado-15, sub-apartado E, y puede ser tan sencilla como un único amplificador que opera en la banda de operación de U-NII deseable, o un transmisor más complejo con amplificadores y filtros, o incluso un transmisor WLAN tal como 802.11a. La unidad de transmisor 209 se conecta a la antena 204.

La antena 205 se conecta al receptor 210 de la unidad de usuario de enlace directo, que está diseñado para recibir la señal transmitida por la unidad 201. El receptor 210 que se conecta al convertidor de frecuencia 211, puede ser tan sencillo como un único LNA que opera en la banda de U-NII deseable de la operación del dispositivo, o mejor aún puede diseñarse con funcionalidades adicionales tales como un control de ganancia automático (AGC), etapas de amplificación en cascadas múltiples, y filtros de selección de canales variables, o incluso un receptor de red de área local inalámbrica (WLAN) tal como uno del estándar 802.11 (donde la parte de transmisión del 802.11a se utiliza en la unidad de red 209). Si el control automático de ganancia (AGC) se utiliza en el receptor 210 y la unidad se diseña para redes celulares de acceso múltiple por división de código (CDMA), el rendimiento se ve aumentado seleccionando que el ancho de banda de AGC sea sustancialmente menor que la tasa de repetición del control de potencia del sistema CDMA, por ejemplo menor de 1,5kHz en las redes CDMA, de manera que la operación de AGC no interfiera con el control de potencia de bucle cerrado. El convertidor de frecuencia 211, que se conecta a la unidad de receptor 210 y la unidad de amplificador de ganancia 212, convierte las señales de entrada, de la banda U-NII, en las frecuencias operativas de la red celular, e incluye todos los componentes tales como mezcladores y filtros para una correcta operación. La unidad de convertidor de frecuencia 211 realiza la operación contraria de conversión de la unidad de convertidor de frecuencia 208, e incluye todos los componentes tales como mezcladores y filtros para una correcta operación. El convertidor de frecuencia 211 se conecta al amplificador de ganancia variable (VG) 212, que opera en la banda de frecuencia de operación de la red celular. El amplificador de ganancia variable 212 se conecta a la antena 206, que transmite señales con frecuencias sustancialmente similares a las frecuencias transmitidas por la estación base 213 y se ajusta a las especificaciones del sistema celular.

La señal radiada por la antena 204, que es una versión repetida amplificada de la señal incidente *original* recibida por la unidad de antena 203, experimentará cierta pérdida en el nivel de potencia, antes de regresar y *re-introducirse* en la antena 203 nuevamente. La señal *re-introducida* en la antena 203 se denomina de aquí en adelante "señal de retorno de enlace descendente". La relación del valor de la rms de la señal, de la señal de retorno de enlace descendente con respecto al valor de la rms de la señal incidente *original* en la salida del terminador de la antena 203, con las latencias del trayecto de propagación y el sistema entre las unidades de antena 204 y 203 eliminados, es la pérdida del trayecto de la señal de retorno de enlace descendente, y se denomina en la presente patente "pérdida del trayecto del sistema de enlace descendente" y se hace referencia a la misma como  $PL_{dl}$ .

Además, la "ganancia de enlace del sistema de enlace descendente", a la que se hace referencia en la presente patente como  $G_{dl}$ , se define como "la relación del valor de la rms de la señal, en la entrada al terminador de la antena 204, con respecto al valor de rms de la señal en el terminador de la antena 203, donde la pérdida del trayecto del sistema de enlace descendente,  $PL_{dl}$ , tal como se define anteriormente, es infinito (por ejemplo sin trayecto de acoplamiento EM entre la antena 204 y la antena 203), y todas las latencias del sistema y del trayecto de propagación (desde la antena 203, a través del sistema hasta la antena 204) se eliminan".

La ganancia de la unidad de amplificador de ganancia variable 212 se ajusta de tal manera que la ganancia de enlace del sistema de enlace descendente,  $G_{dl}$ , sea menor que la pérdida del trayecto del sistema de enlace descendente,  $PL_{dl}$ , por  $dg_{dl}$ , para evitar un bucle de "retroalimentación positiva" en el sistema, por ejemplo,

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

Hay que señalar que todos los valores de  $PL_{dl}$ ,  $G_{dl}$ , y  $dg_{dl}$  están todos en dB. El valor de  $dg_{dl}$  se encuentra en un rango de 0 a  $PL_{dl}$ , y puede asumirse que es de 3 dB para los propósitos de la presente descripción. Sin embargo, es posible seleccionar mejores valores para  $dg_{dl}$ , en los que el rendimiento del sistema esté más optimizado.

La Figura 3 representa un modo de realización de la parte de enlace inverso 330 de un repetidor 300. La parte de enlace inverso 330 mejora de forma sencilla la cobertura de interiores amplificando el nivel de señal en un edificio en el enlace inverso de la red celular, hasta tal nivel que se logra un rendimiento de enlace aceptable. La BTS1 302 tiene un canal de radiofrecuencia BCCH (canal baliza) transmitido sustancialmente cercano a la  $f_1$ , y un par de frecuencia,  $f'_1$  en el enlace inverso. La BTS1 302 está en comunicaciones con la unidad móvil 324 en una frecuencia sustancialmente cercana a la  $f_1$  (la frecuencia portadora del BCCH) u otra frecuencia portadora,  $f'_2$ , que puede o no ser por salto de frecuencia. Puede haber o no otras frecuencias que se transmitan por parte de la BTS1 302, u otras estaciones base en la misma área, que no se muestran en la figura 3.

El dispositivo tiene dos unidades independientes, la "unidad de red de enlace inverso" 326, que se sitúa donde existe una buena señal de cobertura, en zonas de interior o de exterior, y la "unidad de usuario de enlace inverso" 328, que se sitúa donde no existe una buena señal de cobertura, en zonas de interior o de exterior. La unidad de red de

enlace inverso 326 se conecta a una antena 304, sintonizada para operar en la banda de frecuencia de operación de la red celular. La unidad de red de enlace inverso 326 también se conecta a una antena 312 sintonizada para operar en bandas adecuadas de la Infraestructura de Información Nacional sin Licencia (U-NII), donde el sistema está diseñado para operar en bandas U-NII. Sujeto a las regulaciones relevantes, el sistema puede además estar diseñado para operar en la banda de “Unlicensed Personal Communications Services” (U-PCS) o en la banda de frecuencias en el área industrial, científica y médica (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 radiofrecuencia conocido como bandas U-NII pueden utilizarse en algunos diseños del sistema. Se utilizan algunas modificaciones del diseño para la operación en la banda ISM. Dichas modificaciones se relacionan con el factor de ensanchamiento mínimo de 10 utilizado para la operación en la banda ISM, y la potencia de transmisión máxima permitida. Si el sistema está diseñado para operar en la banda ISM, la señal utiliza una modulación/demodulación adicional del espectro ensanchado y otras modificaciones para cumplir con las especificaciones de la norma FCC 47 CFR Apartado-15, sub-apartado E.

Las bandas de frecuencia definidas para las operaciones en U-NII son tal como sigue a continuación:

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

Se permite cualquier operación con licencia en bandas U-NII, siempre que las transmisiones de señal cumplan con la regulación FCC 47 CFR Apartado-15. La operación del amplificador ilustrativo cumple con las especificaciones de las regulaciones FCC 47 CFR Apartado-15 (sub-apartado E para las frecuencias de U-NII).

La “unidad de usuario de enlace inverso” 328 se conecta a una antena 314 sintonizada para operar en la misma banda de frecuencia que la antena 312, que es una banda U-NII por ejemplo. La unidad de usuario de 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 además a un filtro de paso de banda 321. La unidad LNA 320 puede ser un amplificador de alto rendimiento, con una ganancia habitual de 15dB y un factor de ruido de 1,5dB con suficiente ancho de banda para cubrir la parte apropiada del espectro. El filtro de paso de banda 321 puede diseñarse para dejar pasar todo o una parte deseada del espectro de frecuencias celular, o puede ser un grupo de filtros de paso de banda que se solapan, cubriendo todo el espectro al completo del sistema celular de interés, con un conmutador de RF, de tal manera que la banda y ancho de banda seleccionados puedan seleccionarse, de forma manual o automática. El filtro de paso de 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 en una parte deseable del espectro U-NII, e incluye todos los componentes tales como mezcladores y filtros para una correcta operación. El convertidor de frecuencia 318 se conecta al transmisor 316 de la unidad de usuario de enlace inverso. La unidad de transmisor 316 se diseña para operar en una banda U-NII y se ajusta a las regulaciones FCC 47 CFR Apartado-15, sub-apartado E, y puede ser tan sencilla como un único amplificador que opera en la banda de operación U-NII deseable, o un transmisor más complejo con amplificadores y filtros, o incluso un transmisor WLAN tal como uno del estándar 802.11a. La unidad de transmisor 316 se conecta a la antena 314. La parte seleccionada de la banda U-NII de operación para la parte de enlace inverso del amplificador es diferente a la parte seleccionada de la banda U-NII de operación para la parte de enlace directo del amplificador, y se encuentra lo suficientemente distanciada, de manera que no se experimente ninguna interferencia sustancial de la operación de un enlace al otro.

La antena 312 se conecta al receptor 310 de la unidad de red de enlace inverso, que está diseñado para recibir la señal transmitida por la unidad 328. El receptor 310 que se conecta al convertidor de frecuencia 308, puede ser tan sencillo como un único LNA que opera en la banda de U-NII deseable de la frecuencia de operación del dispositivo, o mejor aún puede diseñarse con funcionalidades adicionales tales como un control de ganancia automático (AGC), etapas de amplificación en cascadas múltiples, y filtros de selección de canales variables, o incluso un receptor WLAN tal como uno del estándar 802.11a (donde la parte de transmisión del 802.11a se utiliza en la unidad de usuario 316). Si el control automático de ganancia (AGC) se utiliza en el receptor 310 y la unidad se diseña para redes celulares CDMA, el rendimiento se ve aumentado seleccionando que el ancho de banda de AGC sea sustancialmente menor que la tasa de repetición del control de potencia del sistema CDMA, por ejemplo menor de 1,5kHz en las redes WCDMA, de manera que la operación de AGC no interfiera con el control de potencia de bucle cerrado. El convertidor de frecuencia 308, que se conecta a la unidad de receptor 310 y la unidad de amplificador de ganancia variable 306, convierte las señales de entrada, de la banda U-NII, en las frecuencias operativas de la red celular, e incluye todos los componentes tales como mezcladores y filtros para una correcta operación. La unidad de convertidor de frecuencia 308 realiza la operación contraria de conversión de la unidad de convertidor de frecuencia 318. El convertidor de frecuencia 308 se conecta al 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 transmitirá las 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 cierta pérdida en el nivel de potencia, antes de regresar y *re-introducirse* en la antena 322 nuevamente. La señal *re-introducida* en la antena 322 se denomina de aquí en adelante “señal de retorno de enlace ascendente”. La relación del valor de la rms de la señal, de la señal de retorno de enlace ascendente con respecto al valor de la rms de la señal incidente *original*, en la salida del terminador de la antena 322, con las latencias del trayecto de propagación y del sistema entre las unidades de antena 304 y 322 eliminados, es la pérdida del trayecto de la señal de retorno de enlace ascendente, y se denomina en la presente patente “pérdida del trayecto del sistema de enlace ascendente” y se hace referencia a la misma como  $PL_{ul}$ .

Además, la “ganancia de enlace del sistema de enlace ascendente”, a la que se hace referencia en la presente patente como  $G_{ul}$ , se define como “la relación del valor de la rms de la señal, en la entrada al terminador de la antena 304, con respecto al valor de rms de la señal, en el terminador de la antena 322, donde la pérdida del trayecto del sistema de enlace ascendente,  $PL_{ul}$ , tal como se define anteriormente, es infinito (por ejemplo sin trayecto de acoplamiento EM entre la antena 304 y la antena 322), y todas las latencias del sistema y del trayecto de propagación (de la antena 322, a través del sistema a la antena 304) se eliminan”.

La ganancia de la unidad de amplificador de ganancia variable 306 se ajusta de tal manera que la ganancia de enlace del sistema de enlace ascendente,  $G_{ul}$ , sea menor que la pérdida del trayecto del sistema de enlace ascendente,  $PL_{ul}$ , por la cantidad de “margen de ganancia del enlace ascendente”,  $dg_{ul}$ , evitando un bucle de “retroalimentación positiva” en el sistema, por ejemplo,

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

Hay que señalar que todos los valores de  $PL_{ul}$ ,  $G_{ul}$ , y  $dg_{ul}$  están en dB. El valor de  $dg_{ul}$  se encuentra en un rango de 0 a  $PL_{ul}$ , y puede asumirse que es de 3 dB para los propósitos de la presente descripción. Sin embargo, es posible seleccionar mejores valores para  $dg_{ul}$ , en los que el rendimiento del sistema esté más optimizado.

Habitualmente, los pares de frecuencia de los enlaces directo e inverso están lo suficientemente cerca, de tal manera que el nivel de  $G_{ul}$  es sustancialmente similar al nivel de  $G_{dl}$ , y el nivel de  $PL_{ul}$  es sustancialmente similar al nivel de  $PL_{dl}$ , y el nivel de  $dg_{ul}$  es sustancialmente similar al nivel de  $dg_{dl}$ .

El código de identidad de la unidad de amplificador único y, opcionalmente, la localización del dispositivo puede transmitirse a la red celular. La información puede ser utilizada para localizar un usuario en un entorno de interior, por ejemplo generando datos a una tasa de bits baja fuertemente codificados (protegidos), que contienen un preámbulo conocido grande, el código de identidad único, opcionalmente la longitud y la latitud de la unidad de red de enlace inverso 326. La información puede entonces configurarse por impulsos para una fuga espectral baja, y superponerse en la señal de enlace inverso de un canal determinado mediante un esquema de modulación apropiado, dentro de la unidad de red de enlace inverso 326. La elección del esquema de modulación depende del sistema celular de operación. Por ejemplo, para GSM, que disfruta de una modulación de envolvente constante, tal como la modulación de desplazamiento mínimo gaussiano (GMSK, por sus siglas en inglés), puede utilizarse modulación de amplitud (con bajo índice de modulación). Para los sistemas CDMA con control de potencia de enlace inverso rápido, puede utilizarse la modulación por desplazamiento de fase binaria diferencial (DBPSK) como esquema de modulación. La extracción de información de la señal del canal recibida en la estación base puede implicar modificaciones en el receptor de la estación base, pero no afecta la operación normal del enlace celular.

La Figura 4 muestra un modo de realización de un sistema 500 que incluye la unidad de red 502, junto con la unidad de usuario 504 en el mismo diagrama. La unidad de red de enlace directo 514 (201 en la Figura 2) y la unidad de red de enlace inverso 516 (326 en la figura 3), están ahora en una unidad, denominada de aquí en adelante como la unidad de red 502. La unidad de usuario de enlace directo 518 (202 en la figura 2) y la unidad de usuario de enlace inverso 520 (328 en la figura 3), están ahora en una unidad de usuario, denominada de aquí en adelante unidad de usuario 504. En la figura 4, la antena de transmisión/recepción 203 de la figura 2 y la antena de transmisión/recepción 304 de la figura 3 se reemplazan por una única antena 506 y un filtro dúplex 528. La unidad de filtro dúplex 528 está diseñada para un rendimiento óptimo, y cumple con las especificaciones para la operación celular. También, la antena de transmisión/recepción 204 de la figura 2 y la antena de transmisión/recepción 312 de la figura 3 se reemplazan por una única antena 508 y el filtro dúplex 526. Además, la antena de transmisión/recepción 205 de la figura 2 y la antena de transmisión/recepción 314 de la figura 3 se reemplazan por una única antena 510 y un filtro dúplex 524 en la figura 4. Igualmente, la antena de transmisión/recepción 206 de la figura 2 y la antena de transmisión/recepción 322 de la figura 3 se reemplazan por una única antena 512 y un filtro dúplex 522 en la figura 4. La unidad de filtro dúplex 522 está diseñada para un rendimiento óptimo, y cumple con las especificaciones para la operación celular. El sistema GSM es un sistema FDD, y como tal las frecuencias de enlace inverso son diferentes a las frecuencias de enlace directo. En un sistema de ese tipo un filtro dúplex proporciona una funcionalidad apropiada. Sin embargo, si la unidad de red 502 y la unidad de usuario 504 están diseñadas para un

sistema TDD, los duplexores 528 y 522 pueden ser reemplazados por combinadores o “circuladores”. Sin embargo, los duplexores 526 y 524 aún se utilizan, ya que las frecuencias de enlace directo y de enlace inverso en la banda U-NII se mantienen separadas (por ejemplo FDD). Con modificaciones de menor importancia, es posible que, en lugar de las antenas 508 y 510, se utilice un cable coaxial (tal como un RG58 o IS pulgadas de Helix) para conectar la unidad de red 502 a la unidad de usuario 504. En una disposición de ese tipo, donde se utiliza un cable coaxial para la conexión de enlaces, aunque posible, la conversión ascendente a las bandas U-NII no es necesaria, y el sistema puede operar con las señales de enlace inverso y directo mantenidas en frecuencias celulares originales.

El nivel de potencia de transmisión para la unidad de red 502 en la banda celular está en el rango de menos 10dBm a 37dBm con una sensibilidad del receptor de enlace descendente de aproximadamente -110dBm a -120 dBm. El nivel de potencia de transmisión para la unidad de usuario 504 en la banda celular se encuentra en el rango de -20 dBm a 0dBm con una sensibilidad del receptor de enlace ascendente de aproximadamente -110dBm a -120 dBm.

El sistema amplificador descrito habitualmente opera de forma satisfactoria en escenarios limitados, en los que el aislamiento entre las antenas 506 y 512 es mayor que las ganancias de enlace del sistema de enlace ascendente y enlace descendente. Para asegurar la correcta operación del sistema de amplificador en todas las condiciones de propagación y operación, y sin la necesidad de antenas direccionales, diversas características pueden ser incluidas en el diseño del sistema.

1. Debido a que tanto la unidad de red 502 como la unidad de usuario 504 son la mayor parte del tiempo estacionarias una en relación a la otra, y posiblemente a otros elementos de la red tales como las estaciones base, se utiliza la diversidad de antenas (espacial) para transmitir y recibir operaciones.

2. Las señales transmitidas por la antena 506, en el enlace inverso, están sustancialmente en la misma banda de frecuencia operativa que las señales de 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 frecuencia de operación que las señales de enlace directo recibidas por la unidad de antena 506. Como las señales recibidas por la unidad de red de enlace directo 514 son transmitidas a una unidad de usuario de enlace directo 518, a través de las unidades de antena 508 y 510, y además, como la señal recibida por la unidad de usuario de enlace directo 518 se amplifica entonces antes de la retransmisión a través de la unidad de antena 512, existe un bucle de retroalimentación a través de las antenas 512 y 506, entre ambas unidades, la unidad de red de enlace directo 514 y la unidad de usuario de enlace directo 518. Cualquier ganancia en el bucle causa “una retroalimentación positiva”, lo que ofrece como resultado una operación inestable, un fenómeno que también ocurre para la operación de enlace inverso de la unidad de red 502 y la unidad de usuario 504. Para mantener los dos bucles de retroalimentación en una región de operación estable, en el enlace directo la ganancia de enlace del sistema de enlace descendente,  $G_{dl}$ , es menor que la pérdida del trayecto del sistema de enlace descendente,  $PL_{dl}$ , por  $dg_{dl}$ , para evitar un bucle “de retroalimentación positiva” en el sistema, por ejemplo  $G_{dl} = PL_{dl} - dg_{dl}$  (dB). Igualmente, en el enlace inverso, la ganancia de enlace del sistema de enlace ascendente,  $G_{ul}$ , es menor que la pérdida del trayecto del sistema de enlace ascendente,  $PL_{ul}$ , por  $dg_{ul}$ , para evitar un bucle “de retroalimentación positiva” en el sistema, por ejemplo  $G_{ul} = PL_{ul} - dg_{ul}$  (dB). Las pérdidas de propagación,  $PL_{ul}$  y  $PL_{dl}$ , pueden deberse a zonas de sombra, a la distancia y al patrón de radiación de la antena, y a la propagación por trayectos múltiples además de a la pérdida por penetración en la pared. Los niveles de estas pérdidas de propagación,  $PL_{ul}$  y  $PL_{dl}$ , no se encuentran fácilmente disponibles y se miden.

3. Se monitoriza la continua y correcta operación de la unidad de red 502 y la unidad de usuario 504. Cualquier problema operacional en la unidad de red 502 o en la unidad de usuario 504 puede tener como resultado transmisiones no deseadas en enlaces directos o inversos (o en ambos). Además, el sistema puede confiar en canales de radiofrecuencia que operan en bandas de frecuencia sin licencia, que son propensos a interferencias de otros dispositivos sin licencia. Además, se coordina la operación de la unidad de red 502 y la unidad de usuario 504. Por lo tanto, se inserta un canal de señalización de control entre las dos unidades de red 502 y de usuario 504.

4. Los osciladores locales de la unidad de red 502 y la unidad de usuario 504 son sustancialmente similares en frecuencia, por lo que cualquier error de frecuencia considerable entre las unidades de red 502 y de usuario 504 dará como resultado un rendimiento del enlace celular inaceptable. En algunos modos de realización, una señal piloto puede transmitirse en un enlace de control desde la unidad de red 502 a la unidad de usuario 504, y utilizarse para la sincronización de osciladores locales de las dos unidades. En otros ejemplos, puede utilizarse la forma de onda del propio suministro eléctrico para la sincronización de osciladores locales en las dos unidades.

5. En repetidores convencionales, se proporciona el suficiente aislamiento entre antenas correspondiente a las antenas 512 y 506 en el modo de realización ilustrativo, mediante el uso de antenas direccionales. Tales antenas direccionales tienen de forma inherente grandes aperturas, lo que conduce a antenas de gran tamaño. Para permitir el máximo aislamiento de RF entre las antenas, se utilizan técnicas de procesamiento de la señal espacial y temporal adaptativas avanzadas, lo que permite que los requerimientos de la direccionalidad de la antena se suavicen.

## Características avanzadas

Las características avanzadas ilustrativas incluyen soluciones de diseño que son de utilidad a la hora de hacer frente a los problemas citados.

La Figura 5 muestra un sistema 600 que incluye la unidad de red 602 (502 en la figura 4) con las nuevas características de diseño incluidas. Dos antenas 610 y 608 se utilizan para la diversidad de antenas, en lugar de una única antena 506 en la figura 4. Además, dos antenas 636 y 638 se utilizan para la diversidad de antena, en lugar de una única antena 512 en la figura 4. Aunque cualquier esquema de combinación de diversidad tal como la combinación de relación máxima u otras pueden utilizarse para la cadena de receptores, y esquemas de diversidad de transmisión tales como la variación de fase aleatoria en una o ambas antenas pueden utilizarse para la cadena de transmisores, se sugiere en la presente patente un esquema simple que se basa en la diversidad conmutada de la antena para la parte del receptor. La conmutación puede ser continua o basarse en el nivel de la potencia de señal recibida. Por lo tanto, el conmutador de RF 612 conectado a los duplexores 614 y 613 y la unidad de red de enlace directo 604 realiza operaciones de conmutación para la operación de 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 632 realiza operaciones de conmutación para la operación de transmisión/recepción de la banda U-NII de la unidad de red 602. Los filtros dúplex 614 y 613 también se conectan a las antenas 610 y 608 en un lado, y la unidad de peso complejo 648 en el otro lado, además de la unidad de conmutación 612. La unidad de peso complejo 648 se conecta a un divisor de potencia (combinador híbrido) 646 y al micro-controlador 626. El divisor de potencia (combinador híbrido) 646 se conecta a una unidad de red de enlace inverso 606 a través del acoplador direccional 618. En un modo de realización, todos los acopladores direccionales pueden ser acopladores direccionales de 17dB. Además, el filtro dúplex 632 se conecta a una unidad de red de enlace directo 604 a través del acoplador direccional 630, y la unidad de red de enlace inverso 606 se conecta a través del acoplador direccional 616. Los combinadores híbridos pueden utilizarse de otro modo en lugar de los acopladores direccionales 618, 630 y 616. El LNA interno de la unidad de receptor 310 de la unidad de red de enlace inverso 606 puede estar situado antes del acoplador direccional 616, o el reemplazo del combinador híbrido, en el diagrama 600 en una configuración que puede resultar ventajosa en algunos modos de realización.

Una unidad de generador/transmisor 622 de señales de calibración se acopla al trayecto del transmisor de enlace inverso de la unidad de red 602 a través del acoplador direccional 618. La unidad 622 proporciona una señal de sondeo del canal, que se utiliza para establecer las características del canal complejo entre las antenas 608 y 610 de la unidad de red 602, y la entrada al receptor 620 de señal de calibración. La señal de sondeo de canal generada por la unidad 622 se transmite a través de la unidad de peso complejo 648 y las antenas de diversidad 610 y 608, con un nivel máximo de transmisión que se encuentra sustancialmente por debajo de cualquier nivel de señal esperado de una red celular (por ejemplo 20 dB por debajo del nivel de señal celular mínimo esperado). El nivel de señal de sondeo de canal transmitida combinada, y la ganancia de procesamiento utilizada en la unidad de receptor de la señal de calibración 620 son iguales o inferiores que el margen de ganancia de enlace ascendente ( $dg_{ul}$ ). La señal de sondeo de canal generada por la unidad 622 es una señal de espectro ensanchado de secuencia directa modulada por un código pseudoaleatorio (PN) conocido, con una fase de código conocida (denominada de aquí en adelante fase de "código propio") y con una tasa de chips comparable a los enlaces directo e inverso de la unidad de red 602 y a los anchos de banda de operación de la unidad de usuario 702 (en la figura 6) (por ejemplo, 5Mchips/s para un ancho de banda de 5MHz), y una longitud de código mínima para proporcionar la suficiente ganancia de procesamiento, que también tiene una duración del tiempo de código mayor que la máxima latencia del trayecto esperado. Una longitud de código de 1000 chips es adecuada para la mayoría de los escenarios. La señal de sondeo de canal puede ser transmitida de manera continua o transmitirse únicamente cuando se requiera. Las fases de código se seleccionan de tal manera que la diferencia de fase de código sea mayor que la latencia del trayecto máximo esperada, medida en múltiples números de chips, y después de eso las fases de código deberían ser múltiplos enteros de la fase de código mínima. La unidad de receptor de señal de calibración 620 se acopla al trayecto de recepción de enlace inverso de la unidad de red 602 mediante el acoplador direccional 616. La unidad de receptor de señal de calibración 620, que utiliza el código conocido PN y la fase de código de transmisión, detecta y desmodula la señal de sondeo de canal transmitida por la unidad 622, que se introduce en el trayecto de enlace inverso a través del mecanismo de bucle cerrado que existe entre la unidad de red 602 y la unidad de usuario 702 de la figura 6, que se muestra como unidad de usuario 504 en la figura 4. La unidad de receptor de señal de calibración 620 se configura para establecer la fuerza y fase de la señal recibida – la respuesta del impulso del canal complejo que existe entre las salidas combinadas de las antenas 608 y 610 de la unidad de red 602, y la entrada al receptor de señal de calibración 620. La unidad de receptor de señal de calibración 620 establece la fase y fuerza de la señal recibida bien mediante una operación de correlación, similar a un buscador de trayectos de un receptor RAKE, o mediante una operación de inversión de una matriz en un bloque apropiado de señal recibida muestreada, tratada en mayor detalle en el apéndice A. La unidad de receptor de señal de calibración 620 incluye muchas sub-unidades, que incluyen un convertidor de frecuencia, para devolver la señal de calibración a las frecuencias de banda base, y otras unidades tales como convertidores A/D y procesadores de banda base para realizar algoritmos de banda base que no se muestran en el diagrama. La fase de código PN puede ser asignada de forma única, o trazada de acuerdo a un algoritmo aleatorio, de tal manera que la probabilidad de dos unidades con la misma fase de código puede ser muy baja. Otras estrategias de asignación de desplazamiento de código son también posibles,

tales como la asignación dinámica, en donde el desplazamiento de código se selecciona si no se detectó un desplazamiento de ese tipo en esa área geográfica. La característica permite que el receptor de señal de calibración 620 sea capaz de escanear y recibir "otras fases de códigos", y de ahí establecer si cualquier otra señal se acopla a, o desde otras unidades que pueden estar operando en la misma área geográfica. Más de una fase de código puede utilizarse para establecer la respuesta del impulso del canal complejo, de manera que la probabilidad de la detección por parte de otros sistemas se ve aumentada. El código PN utilizado para la señal de sondeo de canal puede ser modulado con información sobre la identidad de la unidad de red 602. La frecuencia portadora de la señal de sondeo de canal transmitida puede estar en la banda de frecuencia celular de operación. Sin embargo, las frecuencias portadoras en otras bandas, tales como la banda ISM a 2,4GHz, puede ser utilizada para la transmisión de la señal de sondeo de canal. Cuando se utilizan frecuencias portadoras en las otras bandas, la frecuencia portadora del generador y transmisor 622 de señal de calibración se sitúa tan cerca como sea posible de la banda de frecuencia de operación. La tasa de chips y la potencia de transmisión del código de PN de la señal de sondeo de canal, se implementan de manera que la señal de sondeo de canal cumpla con las normas FCC 47 CFR Apartado-15. La banda ISM no es la misma que la banda de operación celular, pero está suficientemente cerca para permitir que el sistema haga converger los pesos del algoritmo espacial y establezca los pesos  $W_0$  y  $W_1$  utilizados en la unidad de peso complejo 648. Cualquier diferencia de la antena y propagación en la potencia de la señal media, y el comportamiento de la antena entre el ISM y las bandas de operación celular puede tenerse en cuenta en una implementación de la operación.

La ID del equipo y la unidad de frecuencia de referencia 624 genera básicamente una señal de modulación por desplazamiento de fase binaria (BPSK), modulada por el número de ID del equipo y situada en una parte adecuada de la banda U-NII, y se acopla en el trayecto del transmisor de la unidad de red de enlace directo 602 a través del acoplador direccional 630. La unidad está "enganchada por frecuencia" al oscilador local de la unidad de red 602. La frecuencia portadora de la señal se selecciona para evitar una interferencia inaceptable a la señal celular principal en el trayecto de transmisión de enlace directo de la unidad de red 602, pero está suficientemente cerca para un ancho de banda de transmisión óptimo. Cuando la unidad de red 602 y la unidad de usuario 702 utilizan la red de suministro eléctrico para sus operaciones, las oscilaciones de la red eléctrica de 60Hz o 50Hz pueden utilizarse para "engancharse" (sincronizar) los osciladores locales de las dos unidades a una fuente de frecuencia común. Las oscilaciones de la red eléctrica de 60Hz o 50Hz se convierten, mediante un circuito adecuado, a la frecuencia seleccionada para la operación de la unidad de red 602 y la unidad de usuario 702.

La unidad de enlace de control 628 es un radioenlace entre las dos unidades, la unidad de red 602 y la unidad de usuario 702 en la figura 6. Puede ser un enlace propietario simple que opera en una banda de frecuencias sin licencia, o puede ser una señalización de control en la banda, multiplex con el trayecto de señal celular. Puede también ser un enlace inalámbrico estándar tal como 802.11b, 802.11a o Bluetooth, diseñado para operar en una banda de frecuencia sin licencia. La unidad de enlace de control 628 se conecta a una unidad de micro-controlador 626, y es capaz de comunicarse a través de un interfaz apropiado. La unidad de enlace de control 628 también se conecta a la antena 644 y 642 para la transmisión y recepción de las señales de control. Si el ancho de banda y las frecuencias de operación lo permiten, con modificaciones de poca importancia a la unidad 602, las unidades de antena 636 y 638 pueden también utilizarse para la operación de la unidad de enlace de control 628. En algunos modos de realización, la unidad de usuario 702 puede ser un dispositivo muy sencillo con todo el procesamiento de la señal y las funcionalidades de control soportadas en la unidad de red 602. Si es así, la unidad de enlace de control 628 puede ser eliminada o puede implementar una señalización de control muy simple tal como tonos de frecuencia en la banda para establecer el ancho de banda del sistema y la ganancia en la unidad de usuario 702. Siempre que el ancho de banda lo permita, con modificaciones de poca importancia para la unidad 602, las unidades de antena 636 y 638 pueden utilizarse para las operaciones de la unidad de enlace de control 628.

La unidad de micro-controlador 626 puede ser un microprocesador simple tal como ARM7 o ARM9 con memoria e interfaces adecuados. La unidad de micro-controlador 626 controla la operación de la unidad de red 602, y puede realizar algún acondicionamiento y procesamiento de la señal adicional, tal como el establecimiento de la media del nivel de señal, estimación, y algoritmos adaptativos tales como el establecimiento de la media del nivel de señal, y algoritmos adaptativos tales como la media de mínimos cuadrados (LMS) y cuadrados mínimos recursivos (RLS), cuando sea de utilidad. Las operaciones de la unidad de micro-controlador 626 incluyen ajustar el ancho de banda de operación y ajustar los pesos  $W_0$  y  $W_1$  para comunicar y controlar la unidad de usuario 702 en la figura 6 a través de la unidad de enlace de control 628, comunicar y controlar el generador y transmisor de señal 622 de calibración y el receptor 620 de señal de calibración, operar la conmutación para la diversidad de la antena receptora, y monitorizar la correcta operación de la unidad de red 602 y la unidad de usuario 702. Otras tareas del micro-controlador 626 se revelan como ejemplos en las figuras 8A, 8B, 8C, y 8D. La unidad de micro-controlador 626 se conecta a las unidades 627, 628, 622, 606, 604, 620, 648 y 624, además de a los conmutadores de RF 634 y 612. El micro-controlador 626, utilizando la respuesta del impulso de canal complejo en la salida de la unidad de receptor 620 de la señal de calibración, y utilizando la media de mínimos cuadrados (LMS), mínimos cuadrados recursivos (RLS), QR-RLS, o descomposición QR, computa valores de los pesos complejos,  $W_0$  y  $W_1$  de tal manera que la respuesta del impulso del canal complejo recibido en la salida de la unidad de receptor 620 de la señal de calibración se reduce o minimiza en magnitud. Con tal disposición de pesos de transmisión, el aislamiento de RF para las frecuencias de enlace ascendente entre la unidad de red 602 y la unidad de usuario 702 se adapta dentro

del canal de propagación, permitiendo la PAR (potencia radiada aparente) global máxima posible de las antenas 608 y 610, y de ahí la máxima huella de cobertura.

Todas las unidades 628, 622, 606, 604, 620, 624 están conectadas a una unidad de oscilador local 640, y obtienen frecuencias de reloj y de referencia de la señal del oscilador local 640. Una unidad de interfaz de usuario 627 simple, por ejemplo, un teclado, un conmutador DIP simple o un dispositivo similar, se conecta a la unidad de microcontrolador 626. La unidad de red 602 tiene un único "código de identidad", que puede ser establecido por la unidad de interfaz de usuario 627, es accesible por la unidad de micro-controlador 626, y puede ser comunicado a la unidad de micro-controlador 728 de la unidad de usuario 702 o cualquier otra unidad de usuario que pueda encontrarse dentro del rango de operación de la unidad de red 602.

La Figura 6 muestra un modo de realización de un repetidor 700 que incluye la unidad de usuario 702 (504 en la figura 4) con las características del nuevo diseño incluidas. Se utilizan dos antenas 734 y 736 para la diversidad de antena, en lugar de una antena única 512 en la figura 4. Además, dos antenas 704 y 706 se utilizan para la diversidad de antena, en lugar de una única antena 510 en la figura 4. Aunque puede utilizarse cualquier esquema de combinación de la diversidad tal como una 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, puede implementarse un esquema simple que se base en la diversidad conmutada de antena para el receptor. La conmutación puede ser continua o estar basada en el nivel de la potencia de señal recibida. Por lo tanto, el conmutador de RF 732 conectado a los duplexores 754 y 756 y la unidad de usuario de enlace inverso 726 realiza operaciones de conmutación para la operación de recepción celular de la unidad de usuario 702. Además, el conmutador de RF 712 conectado a las antenas 704 y 706 y el filtro dúplex 714 realizan operaciones de conmutación para la operación de recepción/transmisión en la banda U-NII de la unidad de usuario 702. Los filtros dúplex 754 y 756 se conectan también a las antenas 734 y 736 en un lado, la unidad de peso complejo 748 en el otro lado, además de la unidad de conmutador de RF 732. La unidad de peso complejo 748 se conecta al divisor de potencia (combinador híbrido) 745 y el micro-controlador 728. El divisor de potencia (combinador híbrido) 745 se conecta a la unidad de enlace directo 724 a través del acoplador direccional 746. Todos los acopladores direccionales pueden ser acopladores direccionales de 17dB. Además, el filtro dúplex 714 puede conectarse a la unidad de usuario de enlace directo 724 a través de acopladores direccionales 740 y 718, y además conectarse a la unidad de usuario de enlace inverso 726. El LNA interno del receptor 210 de la unidad de usuario de enlace directo 328 puede estar situado anterior a los acopladores direccionales 718 y 740 en el diagrama 700, una configuración que puede mejorar el rendimiento.

Una unidad de generador/transmisor 744 de señal de calibración se acopla al trayecto del transmisor de enlace directo de la unidad de usuario 702 a través del acoplador direccional 746. La unidad 744 genera una señal de sondeo de canal, que se utiliza para establecer características de canal complejo entre las antenas 734 y 736 de la unidad de usuario 702, y el terminal de entrada al receptor 742 de señal de calibración. La señal de sondeo de canal generada por la unidad 744 se transmite a través de la unidad de peso complejo 748 y las antenas de diversidad 734 y 736, con un nivel máximo de transmisión que se encuentra sustancialmente por debajo de cualquier nivel de señal esperado de la red celular, por ejemplo 20 dB por debajo del nivel de señal celular mínimo esperado. El nivel de señal de sondeo de canal transmitido combinado y la ganancia de procesamiento utilizada en la unidad de receptor 742 de señal de calibración, es menor que o igual al margen de ganancia de enlace descendente,  $dg_{dl}$ . La señal de sondeo de canal generada por la unidad 744 es una señal de espectro ensanchado de secuencia directa modulada por un código pseudoaleatorio (PN) con una fase de código conocido, por ejemplo denominada una fase de "código propio", y que tiene una tasa de chips comparable a los enlaces directo e inverso de la unidad de usuario 702 y la unidad de red 602 que se muestra en los anchos de banda de operación de la figura 5 de, por ejemplo 5Mchips/s para 5GHz de ancho de banda. El código PN además puede tener una longitud de código suficiente para proporcionar una ganancia de procesamiento adecuada y que exceda la latencia de trayecto máxima esperada. Una longitud de código PN de 1000 chips es adecuada para la mayoría de escenarios. La señal de sondeo de canal puede transmitirse de forma continua o transmitirse únicamente cuando se suscite por las condiciones. Las fases de código se seleccionan de manera que la diferencia de fase de código mínimo sea mayor que la latencia del trayecto máximo esperada medida en múltiples chips. Las posteriores fases de código pueden ser un múltiplo entero de la fase de código mínima. La unidad de receptor 742 de la señal de calibración se acopla al trayecto de recepción de enlace directo de la unidad de usuario 702 mediante el acoplador direccional 740 y utiliza el código PN conocido y la fase de código de transmisión para detectar y desmodular la señal de sondeo de canal transmitida por la unidad 744. La señal de sondeo de canal se introduce en el trayecto de enlace inverso a través del mecanismo de bucle cerrado entre la unidad de usuario 702 y la unidad de red 602 en la figura 5, que también se muestra como la unidad 502 en la figura 4. La unidad de receptor de señal de calibración 742 está adaptada para establecer la fuerza y la fase de la señal recibida. Existe una respuesta del impulso de canal complejo entre las salidas combinadas de las antenas 734 y 736 de la unidad de usuario 702, y la terminal de entrada al receptor de señal de calibración 742. La unidad de receptor de señal de calibración 742 ajusta la magnitud de la señal y fase recibidas, ya sea mediante una operación de correlación, por ejemplo similar a un buscador de trayecto de un receptor RAKE, o mediante una operación de inversión de una matriz en un bloque apropiado de una señal recibida muestreada, tal como se revela en el apéndice A. La unidad de receptor de señal de calibración 742 incluye muchas sub-unidades, tales como un convertidor de frecuencia que devuelve la señal de calibración a las frecuencias de banda base y otras unidades tales como

convertidores A/D y procesadores de banda base para realizar algoritmos de banda base. Las sub-unidades no se muestran en el diagrama. La fase de código PN puede ser asignada exclusivamente, o trazada de acuerdo a un algoritmo aleatorio, de manera que la probabilidad de dos unidades que tengan la misma fase de código es muy baja. Otras estrategias de asignación de desplazamiento de código son también posibles. Por ejemplo, puede utilizarse la asignación dinámica de manera que se selecciona el desplazamiento de código para evitar otros desplazamientos de este tipo en la misma área geográfica. La asignación dinámica permite que el receptor de señal de calibración 742 escanee y reciba "otras fases de código" y de ahí que establezca si cualquier otra señal se acopla a o desde otras unidades que puedan estar operando en la misma área geográfica. Además, más de una fase de código puede ser utilizada para establecer la respuesta del impulso de canal complejo, de manera que la probabilidad de detección por parte de otros sistemas se ve aumentada. El código PN utilizado para la señal de sondeo de canal puede ser modulada con información acerca de la identidad de la unidad de usuario 702. La frecuencia portadora de la señal de sondeo de canal transmitida puede estar en la banda de frecuencia celular de operación. Sin embargo, las frecuencias portadoras en otras bandas tales como la banda ISM a 2,4GHz pueden utilizarse para la transmisión de la señal de sondeo de canal. El uso de otras bandas permite que la frecuencia portadora del generador y transmisor de señal de calibración 744 se sitúe tan cerca 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 sondeo de canal se seleccionan de tal manera que la señal de sondeo de canal cumpla con la norma FCC 47 CFR Apartado-15. La banda ISM, aunque diferente de la banda de operación celular, se encuentra suficientemente cerca para permitir que el sistema haga converger los pesos del algoritmo espacial, y establecer los pesos  $W_0$  y  $W_1$  utilizados en la unidad de peso complejo 748. Cualquier diferencia de la antena y la propagación en la potencia de señal media y del comportamiento de la antena entre la ISM y las bandas de operación celular, puede estudiarse en la fase de diseño y tenerse en cuenta en el diseño final del sistema.

La unidad de receptor 716 de la señal de referencia, que es capaz de recibir la señal transmitida generada por el equipo de ID y la unidad de frecuencia de referencia 624 de 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 del equipo de la unidad de red 602 y el generador de la frecuencia de referencia 624. La frecuencia de referencia extraída se utiliza entonces para proporcionar un oscilador local de referencia 722. El acoplador direccional 718 se conecta a la unidad de usuario de enlace directo 724. La unidad de usuario de enlace inverso 726 se conecta al filtro dúplex 714. La señal de referencia y la unidad de oscilador local 722 pueden, de forma alternativa, basarse en el oscilador de la unidad de enlace de control 720, si la unidad 726 es capaz de engancharse a la señal de la frecuencia portadora de la señal recibida que ha sido transmitida por la unidad de enlace de control 628 de la unidad de red 602.

La unidad de enlace de control 720 es un radioenlace entre los dos, la unidad de red 602 y la unidad de usuario 702. Puede ser un enlace privado que opera en una de las frecuencias de banda sin licencia, o puede ser un enlace inalámbrico estándar tal como el 802.11b, 802.11a o Bluetooth, diseñado para operar en una banda sin licencia. La unidad de enlace de control 720 se conecta a una unidad de micro-controlador 728, y es capaz de establecer comunicaciones a través de un interfaz apropiado. La unidad de enlace de control 720 también se conecta a antenas 708 y 710 para la transmisión y recepción de las señales de control. Hay que señalar que, siempre que el ancho de banda de la antena y la frecuencia de operación lo permita, con modificaciones de poca importancia a la unidad 702, las unidades de antena 704 y 706 pueden también utilizarse para las operaciones de la unidad de enlace de control 720.

La unidad de micro-controlador 728 es un microprocesador simple tal como ARM7 o ARM9 con memoria e interfaz adecuados. La unidad de micro-controlador 728 controlará la operación de la unidad de usuario 702 y podrá realizar algún acondicionamiento y procesamiento adicional de la señal, tal como establecimiento de la media y estimación del nivel de señal, y algoritmos adaptativos tales como LMS y RLS en condiciones adecuadas. La unidad de micro-controlador 728 puede establecer el ancho de banda de operación y establecer los pesos  $W_0$  y  $W_1$  para comunicar y controlar la unidad de red 602 de la figura 5 a través de una unidad de enlace de control 720, y para comunicar y controlar el generador y transmisor 744 de señal de calibración y el receptor 742 de señal de calibración. La unidad de micro-controlador 728 puede además operar la conmutación para la diversidad de la antena receptora y monitorizar la correcta operación de la unidad de usuario 702. Otras tareas del micro-controlador 728 se revelan en los ejemplos representados en las figuras 8A, 8B, 8C, y 8D. La unidad de micro-controlador 728 se conecta a las unidades 720, 742, 744, 716, 748, 726, y 724, además de los conmutadores de RF 732 y 712. El micro-controlador 728 puede utilizar una respuesta del impulso de canal complejo en la salida de la unidad de receptor de señal de calibración 742 y utilizar media de mínimos cuadrados (LMS), mínimos cuadrados recursivos (RLS), QR-RLS, o descomposición QR para computar valores óptimos de pesos complejos  $W_0$  y  $W_1$ , de tal manera que la respuesta del impulso de canal complejo recibida en la salida de la unidad de receptor de señal de calibración 742 se reduce o minimiza. Con la disposición de pesos de transmisión revelada, el aislamiento de RF para frecuencias de enlace descendente entre la unidad de usuario 702 y la unidad de red 602 se adapta dentro del canal de propagación, permitiendo una PAR (potencia radiada aparente) global máxima posible de las antenas 734 y 736 y una máxima huella de cobertura.

Las unidades 720, 726, 724, 742, 744 y 728 se representan conectadas a la unidad de oscilador local 722 y obtienen frecuencias de reloj y de referencia de la señal del oscilador local 722. Una unidad de interfaz de usuario 721 simple,

por ejemplo, un teclado o un conmutador DIP simple, puede conectarse a la unidad de microcontrolador 728. La unidad de red 702 tiene un único "código de identidad", que puede ser establecido por la unidad de interfaz de usuario 721, es accesible para la unidad de micro-controlador 728, y puede ser comunicado a la unidad de micro-controlador 626 de la unidad de red 602 u otras unidades de usuario o de red que puedan estar dentro del rango de operación de una unidad de usuario 702.

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

El código de identidad único de la unidad de red 602 y, de manera opcional, la localización del dispositivo pueden transmitirse a la red celular. La información puede utilizarse para localizar a un usuario en un entorno de interior, por ejemplo generando una tasa de bits baja fuertemente codificada (protegida), que contenga un preámbulo largo conocido, el código de identidad único y opcionalmente la longitud y latitud de la unidad de red 602. La información puede entonces configurarse por impulsos para una fuga espectral baja, y superponerse en la señal de enlace inverso de un canal determinado mediante un esquema de modulación apropiado, dentro de la unidad de red 602. La elección del esquema de modulación depende del sistema celular de operación. Por ejemplo, para GSM, que disfruta de una modulación de envolvente constante, tal como la modulación de desplazamiento mínimo gaussiano (GMSK), puede utilizarse modulación de amplitud (con bajo índice de modulación). Para los sistemas de acceso múltiple por división de códigos (CDMA), con control de potencia de enlace inverso rápido, puede utilizarse la modulación por desplazamiento de fase binaria diferencial (DBPSK) como esquema de modulación. La extracción de la información mencionada anteriormente a partir de la señal de canal recibida en la estación base, puede implicar modificaciones en el receptor de la estación base, pero no efectúa la operación normal del enlace celular.

Un ejemplo del sistema anterior de operación se muestra en las figuras 7A, 7B, 7C, 7D, 8A, 8B, 8C, y 8D. Las figuras 7A, 7B, 7C, y 7D son diagramas de flujo de la operación del sistema para la unidad de red 602 y las figuras 8A, 8B, 8C, y 8D son diagramas de flujo para la unidad de usuario 702. Los ejemplos no incluyen todas las posibles funcionalidades para la operación completa de la unidad de red 602 y la unidad de usuario 702. Los ejemplos muestran un ejemplo de flujos de control mínimos para la operación básica de la unidad de red 602 y la unidad de usuario 702. En el micro-controlador 626 pueden ejecutarse dos operaciones de flujo de control independientes. Un primer flujo de control establece la operación normal del amplificador. Un segundo flujo de control monitoriza la operación del enlace de control entre la unidad de red 602 y la unidad de usuario 702. Ante una instrucción de "elevar potencia", "reinicializar", o "detener", la unidad de red 602 ajusta los pesos  $W_0$  y  $W_1$  de la unidad de peso complejo 648 a un valor "inicial" por defecto. Los valores "iniciales" de los pesos son valores que permiten radiación de potencia mínima de las dos antenas 608 y 610 sin fase diferencial alguna entre los dos campos radiados, por ejemplo radiación transversal. Ante instrucciones de "elevar potencia" o "reinicializar" de la unidad de red 602, asumiendo que el "código de identidad" de la unidad de usuario de interés 702 sea conocida o se haya introducido previamente en la unidad de red 602 a través de la unidad de interfaz de usuario 627, la unidad de micro-controlador 626 inicia el flujo de control 802 de la figura 7A. La unidad de micro-controlador 626 da instrucciones a la unidad de enlace de control 628 para establecer 804 un enlace con la unidad de usuario 702. La unidad de enlace de control 628, utilizando los protocolos adecuados, continúa intentando establecer un enlace de comunicación con la unidad de control 720 de la unidad de usuario 702 hasta que tal enlace se establece 806. La unidad de micro-controlador 626 selecciona 808 la banda U-NII de operación, si se desea, y da instrucciones a la unidad de receptor 620 de señal de calibración para intentar recibir 810 todos los posibles desplazamientos de código en la banda de frecuencia U-NII, asegurando que ningún trayecto de señal de otras unidades de usuario están operativas en el área inmediata en la unidad de red 602, y facilitar la selección de un desplazamiento de código y canal de transmisión no utilizados. Si existe 812 un trayecto de señal no intencionado entre la unidad de red 602 y otras unidades de usuario de operación, dependiendo de la intensidad del trayecto de acoplamiento y la fuerza de la señal o señales de sondeo de canal recibida de las "otras unidades", pueden tomarse diversas medidas diferentes después de la comparación de la relación señal-ruido (SNR, por sus siglas en inglés) de la señal con el umbral  $SNR_{th}$ , que está basado en la máxima interferencia permitida más el nivel de ruido 814 para un rendimiento aceptable:

1) Si la fuerza de la señal o señales de sondeo de canal recibidas de otras unidades de usuario está por debajo del umbral  $SNR_{th}$ , lo que indica NINGUNA interferencia con la operación de la unidad de red 602 y la unidad de usuario 702, el micro-controlador 626 procede de forma habitual a la acción 824.

2) Si la fuerza de la señal o señales de sondeo de canal recibidas de otras unidades de usuario está por encima del umbral  $SNR_{th}$ , lo que indica interferencia con la operación de la unidad de red 602 y la unidad de usuario 702, la unidad de red 602 intentará seleccionar otra banda de frecuencia U-NII de operación (paso 816), y si hay más bandas de operación de U-NII disponibles, se repiten los pasos 808, 810, y 812 (paso 816).

3) Si la fuerza de la señal o señales de sondeo de canal recibidas de otras unidades de usuario está por encima del umbral  $SNR_{th}$ , lo que indica interferencia con la operación de la unidad de red 602 y la unidad

de usuario 702, y no puede encontrarse una banda de frecuencia de operación de U-NII limpia, la unidad de red 602 emitirá una señal de error apropiada (bloque 818) y dará instrucciones a la unidad de usuario 720 para detener la operación (paso 9), y la unidad de red 602 detiene la operación (paso 822).

Después del establecimiento con éxito de un enlace de control entre la unidad de red 602 y la unidad de usuario 702, y de la selección con éxito de una banda de operación U-NII, el micro-controlador 626, a través de la unidad de enlace de control 628, da instrucciones a la unidad de usuario 702 para escanear 824 en busca de posibles desplazamientos de código en la banda U-NII de frecuencias seleccionada. El micro-controlador 626 espera por un informe del escaneo desde la unidad de usuario 702. Si otras unidades están operando en la cercanía y son detectadas por la unidad de usuario 702, el micro-controlador 626 busca 816 otra banda U-NII de frecuencias y sigue los posteriores pasos tal como se describe. Si no se detecta ninguna unidad operativa por parte de la unidad de usuario 702, el micro-controlador 626 selecciona 828, tal como se muestra en la figura 7B, un desplazamiento de código no utilizado, denominado fase de "código propio". El micro-controlador 626, a través de la unidad de enlace de control 628, informa 830 a la unidad de usuario 702 de la fase de "código propio" seleccionada. Después de entrar 832 la unidad de red 602 en modo "sondeo de canal", el micro-controlador 626, a través de la unidad de enlace de control 628, da instrucciones a la unidad de usuario 702 para entrar 824 en "sondeo de canal" también. En el modo "sondeo de canal" los conmutadores de diversidad 612 y 634 en la unidad de red 602, y 732 y 712 en la unidad de usuario 702, se mantienen en la actual posición, por ejemplo no conmutando. El micro-controlador 626, a través de la unidad de enlace de control 628, da instrucciones 836 a la unidad de usuario 702 para comenzar con la operación de "sondeo de canal". El micro-controlador 626, ajusta 838 los pesos  $W_0$  y  $W_1$  de la unidad de peso complejo 648 al valor "inicial". El micro-controlador 626 da instrucciones 840 a la unidad de generador y transmisor 622 para comenzar la transmisión con la fase de "código propio" especificada. El micro-controlador 626 además da instrucciones 842 a la unidad de receptor 620 de señal de calibración para que intente recibir la señal de sondeo de canal para el desplazamiento de código mencionado anteriormente, utilizado por la unidad de transmisor 622. Si no se detecta 844 ninguna señal de sondeo de canal sustancial con el conjunto de pesos especificados de la unidad de peso complejo 648, y la ganancia de enlace del sistema de enlace ascendente,  $G_{ub}$ , es menor que la ganancia 846 máxima permitida del sistema especificada, el micro-controlador 626 modifica y emite 848 nuevos valores de peso a la unidad de peso complejo 648, de tal manera que la potencia de transmisión de la señal de sondeo de canal se incrementa en un tamaño gradual predeterminado,  $dG$ , a la vez que mantiene iguales las fases relativas de los pesos  $W_0$  y  $W_1$ . Las acciones 842, 844, 846 y 848 se repiten hasta que se detecta una señal de sondeo de canal sustancial o hasta que se alcanza la ganancia del sistema máxima permitida. Si la ganancia del sistema máxima permitida se alcanza, los pesos más recientes se mantienen 850 sin cambios como los pesos más óptimos para una operación normal. Si la ganancia del sistema máxima permitida no se alcanza, y está presente una señal de sondeo de canal sustancial en la salida del receptor de señal de calibración 620, se utiliza un algoritmo de convergencia adaptativo tal como LMS, para modificar 852 adicionalmente los pesos  $W_0$  y  $W_1$ , de tal manera que la potencia de la señal de sondeo de canal se reduce o minimiza. Se emiten 854 nuevos pesos para la unidad de peso complejo 648 para la transmisión de la señal de sondeo de canal. Si los pesos convergen 856 suficientemente, el flujo de control continúa, de otro modo las acciones 840 a 856 se repiten. Después de la convergencia con éxito de los pesos  $W_0$  y  $W_1$  de la unidad de red 602, el micro-controlador 626 hace una comprobación 858 y, si se autoriza, espera 860 por la confirmación de la convergencia de pesos de la unidad de usuario 702. Después de una convergencia con éxito de los pesos  $W_0$  y  $W_1$  tanto de la unidad de red 602 como de la unidad de usuario 702, el micro-controlador 626 da instrucciones 862 a la unidad de usuario 702 para salir del modo de sondeo de canal y sale 864 del modo de sondeo de canal. El micro-controlador 626 da instrucciones 866 al receptor de señal de calibración 620 para continuar recibiendo la señal de sondeo de canal transmitida por el transmisor 622 de señal de calibración. Si el nivel de potencia de la señal de sondeo de canal se sobrepasa 868 durante una cantidad sustancial de tiempo, el flujo de control del micro-controlador 626 va a la acción 832, e inicia los procesos de sondeo de canal nuevamente. Si el nivel de potencia de la señal de sondeo de canal se encuentra dentro del rango esperado, el receptor de señal de calibración 620 recibe instrucciones para recibir y detectar 870 señales de sondeo de canal con todos los otros posibles desplazamientos de código. Si no detecta ninguna señal de sondeo de canal con un nivel de potencia de señal media sustancial, el micro-controlador 626 realiza una comprobación 874 para determinar si hay informes sobre mensajes o problemas desde la unidad de usuario 702. Si no hay presente ningún mensaje, el micro-controlador 626 regresa a la acción 866. Si se detecta una señal de sondeo de canal con un nivel de potencia de señal media sustancial, o un se informa sobre un problema por parte de la unidad de usuario 702, el micro-controlador 626 va a la acción 802 y comienza el proceso de flujo de control nuevamente. Para acelerar la búsqueda y la detección de otros desplazamientos de código, pueden implementarse dos o más réplicas del receptor 620 de señal de calibración, de manera que la detección de "código propio" pueda ser continua e ininterrumpida, y otras réplicas del receptor puedan escanear "otros desplazamientos de código".

La segunda operación de flujo de control se muestra en la figura 7D. La segunda operación comprueba la calidad y rendimiento de los enlaces de control de la operación de las unidades de control 628 y 720, monitorizando tales cantidades como tasa de error de bits (BER), relación señal-ruido (SNR), ruido de fondo e interferencia (paso 860). Si la operación del enlace no es satisfactoria (paso 882), se crea una señal indicadora de error (paso 884), y los pesos  $W_0$  y  $W_1$  de la unidad de peso complejo 648 se ajustan al valor "inicial" (paso 886), y se da instrucciones a la unidad de usuario 702 para hacer lo mismo (paso 888), y finalmente el micro-controlador 626 regresa al paso 802 (paso 890).

Las figuras 7A, 7B, 7C, y 7D son diagramas de flujo de la operación del sistema para la unidad de usuario 702. Se ejecutan dos operaciones de flujo de control simultáneamente en el micro-controlador 728. El primer flujo de control establece la operación usual del amplificador. El segundo flujo de control monitoriza la correcta operación del enlace de control entre la unidad de usuario 702 y la unidad de red 602. Ante una instrucción de “elevar la potencia”, “reinicializar”, o “detener”, la unidad de usuario 702 ajusta los pesos  $W_0$  y  $W_1$  de la unidad de peso complejo 748 al valor “inicial” por defecto. Los valores “iniciales” de los pesos se definen como valores que permiten radiación de potencia mínima de las dos antenas 734 y 736 sin fase diferencial alguna entre los dos campos radiados, por ejemplo radiación transversal. Ante instrucciones de “elevar potencia” o “reinicializar” de la unidad de usuario 702, asumiendo que el “código de identidad” de la unidad de red de interés 602 esté disponible o se haya introducido previamente en la unidad de usuario 702 a través de la unidad de interfaz de usuario 721, la unidad de micro-controlador 728 inicia 902 el flujo de control de la figura 8A. La unidad de micro-controlador 728 da instrucciones 904 a la unidad de enlace de control 720 para establecer comunicación con la unidad de red 602. La unidad de enlace de control 720, utiliza los protocolos adecuados y continúa intentando establecer 906 un enlace de comunicación con la unidad de control 628 de la unidad de red 602 hasta que el enlace se establece. La unidad de micro-controlador 728 intenta 908 detectar los mensajes de instrucción procedentes de la unidad de red 602 y continúa así hasta que se detecta 910 una instrucción. Ante la recepción de la primera instrucción de la unidad de red 602, la unidad de micro-controlador 728 intenta determinar el contenido de la instrucción. El primer análisis 912 determina si la instrucción recibida es la instrucción de “detener”. Para la instrucción de “detener”, la unidad de micro-controlador 728 ajusta 914 los pesos  $W_0$  y  $W_1$  de la unidad de peso complejo 648 al valor “inicial” y continúa detectando instrucciones. Si la instrucción es “escanea en busca de todos los desplazamientos de código en la banda U-NII especificada” 916, la unidad de micro-controlador 728 da instrucciones a la unidad de receptor 742 de señal de calibración 742 para escanear 918 todos los posibles desplazamientos de código en la banda de frecuencia especificada, asegurando que no existe trayectos de señal de otras unidades de red operativas en el área inmediata en la unidad de usuario 702, y facilitando la selección de un desplazamiento de código y un canal de transmisión no utilizados. La unidad de usuario 702, a través del enlace de control 720 informa 920 a la unidad de red 602 de los resultados del escaneo en busca de desplazamiento de códigos con un nivel de señal significativo, y espera por una nueva instrucción. La unidad de micro-controlador 728 espera 908 una nueva instrucción desde la unidad de red 602.

Si la nueva instrucción es “entra en el modo de sondeo de canal” 922, la unidad de micro-controlador 728 entra 924 en el modo mediante ajuste de los conmutadores de diversidad 732 y 712 en un estado fijo de no conmutación. El micro-controlador 728 ajusta 926 los pesos  $W_0$  y  $W_1$  de la unidad de peso complejo 748 al valor “inicial”. El micro-controlador 728 da instrucciones a la unidad de generador y transmisor 744 de señal de calibración para comenzar la transmisión 928 con la fase de “código propio” especificada. El micro-controlador 728 también da instrucciones a la unidad de receptor de señal de calibración 742 para intentar recibir 930 la señal de sondeo de canal para el desplazamiento de código mencionado anteriormente utilizado por la unidad de transmisor 744. Si no se detecta una señal de sondeo de canal sustancial con el conjunto especificado de pesos de la unidad de peso complejo 748, y la ganancia de enlace del sistema de enlace descendente,  $G_{dl}$ , es menor que la ganancia 934 máxima permitida del sistema especificada, el micro-controlador 728 modifica y emite 936 nuevos valores de peso a la unidad de peso complejo 748, de manera que la potencia de transmisión de la señal de sondeo de canal se incrementa en un tamaño gradual predeterminado,  $dG$ , a la vez que mantiene 936 las fases relativas de los pesos  $W_0$  y  $W_1$ . Las acciones 930, 932, 934 y 936 se repiten hasta que se detecta una señal de sondeo de canal sustancial o hasta que se alcanza la ganancia del sistema máxima permitida. Si la ganancia del sistema máxima permitida se alcanza, los pesos más recientes se mantienen 944 como los pesos más óptimos para una operación normal. Si la ganancia del sistema máxima permitida no se alcanza, y existe una señal de sondeo de canal sustancial en la salida del receptor de señal de calibración 742, se utiliza un algoritmo de convergencia adaptativo tal como LMS, para modificar 938 adicionalmente los pesos  $W_0$  y  $W_1$ , de tal manera que la potencia de la señal de sondeo de canal se reduce o minimiza. Se emiten 940 nuevos pesos para la unidad de peso complejo 748 para la transmisión de la señal de sondeo de canal. Si los pesos convergen suficientemente, el flujo de control continúa a la siguiente acción, de otro modo las acciones 928 a 942 se repiten. Después de la convergencia con éxito de los pesos  $W_0$  y  $W_1$  de la unidad de usuario 702, la unidad de micro-controlador 728 informa 946 a la unidad de red 602 y confirma la convergencia de los pesos. La unidad de micro-controlador 728 espera por una instrucción para salir del modo de sondeo de canal en las acciones 948 y 950. Después de la detección de la instrucción “salir del modo de sondeo de canal”, la unidad de micro-controlador 728 sale 952 del modo de operación y da instrucciones al receptor 742 de calibración de señal para continuar recibiendo 954 la señal de sondeo de canal transmitida por el transmisor de señal de calibración 744.

Si se excede el nivel seguro de potencia de la señal de sondeo de canal medio durante una cantidad sustancial de tiempo 956, el micro-controlador 728 ajusta 926 los pesos  $W_0$  y  $W_1$  de la unidad de peso complejo 748 al valor “inicial” e informa 964 a la unidad de red 602, y regresa a la acción 908. Si el nivel de potencia de la señal de sondeo de canal medio está dentro del rango esperado, se dan instrucciones al receptor de señal de calibración 742 para recibir y detectar 958 señales de sondeo de canal con otros posibles desplazamientos de código. Si se detecta una señal de sondeo de canal con un nivel de potencia de señal medio sustancial, el micro-controlador 728 va 960 a la acción 962. Si se detecta ninguna otra señal de sondeo de canal con un nivel de potencia de señal medio sustancial, el micro-controlador 728 regresa a la acción 908. Para acelerar la búsqueda y detección de otros desplazamientos de código, pueden incluirse dos o más réplicas de la unidad de receptor 620 de señal de

calibración, de manera que la detección del “código propio” puede ser continua e ininterrumpida. Otras réplicas del receptor pueden escanear en busca de “otros desplazamientos de código”.

Una segunda operación de flujo de control se muestra en la figura 8D. La segunda operación hace una comprobación de la calidad y el rendimiento de los enlaces de las unidades de control 720 y 628, monitorizando 970 cantidades tales como la tasa de error de bits (BER), relación señal-ruido (SNR), ruido de fondo e interferencia. Si la operación del enlace no es satisfactoria 972, se crea una marca indicadora 974 de señal de error y los pesos  $W_0$  y  $W_1$  de la unidad de peso complejo 748 se ajustan 976 al valor “inicial”. La unidad de red 602 es informada 977 antes de que el micro-controlador 728 regrese 978 a la acción 902.

La descripción es simplemente un ejemplo de una implementación del sistema. Otros métodos y soluciones posibles pueden ser implementados y se omite algo de la descripción de la señalización de control. Pueden señalarse diversos puntos.

1. La unidad de red 602 puede controlar diversas unidades de usuario, tales como la unidad de usuario 702. En tales configuraciones, el ejemplo de flujo de control que se muestra en las figuras 7A, 7B, 7C, 7D, 8A, 8B, 8C, y 8D puede ser modificado de manera que la unidad de red 602 pueda inicializar cada unidad de usuario de manera independiente al principio, y juntas en una acción final. En una configuración con múltiples unidades de usuario tales como la 702, los pesos de la unidad de red 602 pueden estar en convergencia para la unidad de usuario que tenga la mínima pérdida de trayecto del sistema de enlace ascendente con la unidad de red 602. Por lo tanto, cada unidad de usuario 702 en una red amplificadora puede tener una única fase de código.

2. Otra modificación utilizada para una configuración con múltiples unidades de usuario 702, la convergencia final de las unidades en una red amplificadora, incluyendo tanto las unidades de red como las de usuario, puede ser realizada con las unidades de usuario bajo control de la unidad de red 602 activa en la operación de sondeo de canal. Por consiguiente, los niveles de potencia de señal combinada no exceden el límite seguro. Si la señal combinada de las unidades de usuario excede el nivel aceptable para cada uno de los enlaces del sistema, bien el inverso o el directo, los pesos apropiados han de ser modificados en incrementos graduales iterativos hasta un nivel en el que las ganancias de enlace del sistema máximas permitidas de los enlaces directo e inverso se alcancen.

3. Aunque el trayecto de señal de la dirección de enlace directo tanto en la unidad de red 602 como en la unidad de usuario 702 está siempre activa para amplificar la baliza por ejemplo para el canal de control de difusión (BCCH) en las transmisiones del sistema global para comunicaciones móviles (GSM) de las estaciones base, el trayecto de la señal de enlace inverso de la unidad de red 602 y la unidad de usuario 702 no necesita estar activo a menos que se detecte un nivel de señal sustancial, en base a la presencia de un enlace ascendente o una señal controlada. Se tiene cuidado de que la operación controlada de enlace inverso no interfiera con las comunicaciones del trayecto de la señal y unidad de sondeo de canal 622 y 620. Por lo tanto, la operación controlada es una operación continua durante el proceso de sondeo de canal con un sondeo de canal realizado regularmente.

4. Las modificaciones en el hardware y el software de control pueden ser implementada para fusionar la unidad de red 602 y la unidad de usuario 702 en una única unidad, conectadas “back-to-back”. El diseño y la operación de la opción back-to-back se describen en referencia a la figura 11.

5. El código de identidad único de la unidad de red 602 y, de manera opcional, la localización del dispositivo pueden transmitirse a la red celular. La información puede utilizarse para localizar a un usuario en un entorno de interior, por ejemplo generando una tasa de bits baja fuertemente codificada (protegida), que contenga un preámbulo largo conocido, el código de identidad único y opcionalmente la longitud y latitud de la unidad de red 602. La información puede entonces configurarse por impulsos para una fuga espectral baja, y superponerse en la señal de enlace inverso de un canal determinado mediante un esquema de modulación apropiado, dentro de la unidad de red 602. La elección del esquema de modulación depende del sistema celular de operación. Por ejemplo, para GSM, que disfruta de una modulación de envolvente constante, tal como la modulación de desplazamiento mínimo gaussiano (GMSK), puede utilizarse modulación de amplitud (con bajo índice de modulación). Para los sistemas de acceso múltiple por división de códigos (CDMA), con control de potencia de enlace inverso rápido, puede utilizarse la modulación por desplazamiento de fase binaria diferencial (DBPSK) como esquema de modulación. La extracción de la información mencionada anteriormente a partir de la señal de canal recibida en la estación base, puede implicar modificaciones en el receptor de la estación base, pero no afecta a la operación usual del enlace celular.

6. El diseño del sistema puede incluir además control de potencia de bucle cerrado entre la unidad de red 602 y la unidad de usuario 702 para una operación en banda (U-NII) sin licencia, tanto en enlaces directos como inversos. El control de potencia de bucle cerrado puede estar basado en una tasa muy baja, por

ejemplo 10 Hz, comandos de control de potencia absoluta o diferencial en base a la potencia de señal recibida para aumentar o reducir las potencias de transmisión de la banda U-NII de manera que únicamente la potencia suficiente sea transmitida de las antenas 636, 638 en el lado de la unidad de red 602 y las antenas 704 y 706 en el lado de la unidad de usuario 702 para una correcta operación. Pueden utilizarse amplificadores de ganancia para la transmisión de la banda U-NII tanto en la unidad de red 602 como en la unidad de usuario 702. Los mensajes de control de potencia de bucle cerrado pueden intercambiarse entre la unidad de red 602 y la unidad de usuario 702 a través de las unidades de enlace de control 628 y 720 en enlaces directos e inversos.

7. En el lado de la unidad de red 602, una vez que los pesos  $W_0$  y  $W_1$  de la unidad de peso complejo 648 están en convergencia puede superponerse ruido aleatorio espacial en patrón de radiación de la antena de manera que los patrones de onda estacionaria de propagación por trayectos múltiples están lo suficientemente perturbados para incluir ganancia de diversidad en el enlace ascendente. Un segundo conjunto de pesos puede estar en convergencia para mantener la posición espacial de los "puntos de valor nulo" a la vez que cambiando el patrón de radiación suficientemente para crear diversidad del patrón de radiación de la antena. Los pesos pueden estar en convergencia primero realizando radiogoniometría, por ejemplo utilizando una transformada de Fourier discreta (DFT, por sus siglas en inglés) sobre los pesos originales para identificar la posición "Nula" y formar nuevos pesos utilizando algoritmos tales como conformación del haz de mínima varianza con restricción lineal (MVLCPF), donde la restricción es la posición del "punto de valor nulo" espacial. La conmutación repetida entre los dos conjuntos de pesos crea ganancia de diversidad del patrón de la antena en el enlace ascendente. Estructuras y técnicas similares pueden ser implementadas en el trayecto de enlace descendente de la unidad de usuario 702.

8. En el modo de realización ilustrativo de la unidad de red 602 y la unidad de usuario 702, únicamente dos conjuntos de pesos complejos  $W_0$  y  $W_1$  se utilizan en las unidades de peso complejo 648 y 748, ya que dos antenas de diversidad están fácilmente disponibles en ambas unidades. En otros modos de realización, tanto en la unidad de red 602 como en la unidad de usuario 702 más de dos antenas, y de ahí más de dos pesos, pueden utilizarse con modificaciones de poca importancia a partir de las estructuras y técnicas reveladas.

9. Aunque las unidades de peso complejo 648 en la unidad de red 602 y las unidades de peso complejo 748 en la unidad de red 702 se utilizan para la conformación de haz del transmisor, pueden utilizarse unidades de peso complejo similares en los terminales de entrada a los receptores de la unidad de red de enlace directo 604 en la unidad de red 602 y la unidad de usuario 726 de enlace inverso en la unidad de red 702 de manera que la conformación de haz del receptor puede también realizarse. La convergencia de pesos del receptor puede estar basada en un procedimiento similar al de la implementación del transmisor con únicamente cambios de poca importancia.

10. Los pesos  $W_0$  y  $W_1$  de las unidades de peso complejo 648 en la unidad de red 602 y las unidades de peso complejo 748 en la unidad de red 702 puede convertirse con la unidad de red de enlace inverso 606 en la unidad de red 602 y la unidad de red de enlace directo 724 en la unidad de red 702 completamente "APAGADA" o desactivada de manera que las señales celulares no sean repetidas o transmitidas. Por consiguiente, la convergencia de los pesos  $W_0$  y  $W_1$  de las unidades de peso complejo 648 en la unidad de red 602 y las unidades de peso complejo 748 en la unidad de red 702 pueden hacer converger en primer lugar, antes del inicio de la operación usual del amplificador.

La anterior discusión es aplicable a todas las implementaciones analógicas de todos los varios amplificadores revelados.

#### Ejemplo de implementación digital

La figura 9 muestra un ejemplo de la implementación digital de la unidad de red 602 (marcada como 1002 en la figura 9), que se sitúa donde exista una buena cobertura de señal, en interior o exterior. Se utilizan dos antenas 1004 y 1006 para la diversidad de antena para el transmisor y el receptor de banda celular de la unidad de red 1002. Además, se utilizan dos antenas 1036 y 1038 para la diversidad de antena de la operación de la banda UNII de la unidad de red 1002. Aunque puede utilizarse cualquier esquema de combinación de la diversidad tal como una combinación de relación máxima u otras 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 revela un esquema simple basado en la diversidad conmutada de antena para el receptor. La conmutación puede ser continua o estar basada en el nivel de potencia de la señal recibida. Por lo tanto, el conmutador de RF 1008 puede conectarse a los duplexores 1007 y 1010, y la unidad de amplificador de bajo ruido (LAN) 1012 realiza operaciones de conmutación para la operación de 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 realiza operaciones de conmutación para la operación de transmisión/recepción de la banda U-NII de la unidad de red 1002. Los filtros dúplex 1007 y 1010 también se conectan a las antenas 1004 y 1006 en un lado, y a la unidad de peso complejo 1072 en el otro lado, además de la

unidad de conmutación 1008. La unidad de peso complejo 1072 se conecta al combinador híbrido de un divisor de potencia 1070 y al micro-controlador 1060. El combinador híbrido del divisor de potencia 1070 se conecta a una unidad amplificadora de potencia 1054 a través del acoplador direccional 1056. Todos los acopladores direccionales pueden ser acopladores direccionales de 17dB. El amplificador de bajo ruido (LNA) 1012 se conecta a la unidad de convertidor 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 de la banda celular en la banda base, o en la banda de frecuencia "cercana a la banda base". La unidad de convertidor de frecuencia 1014 incluye todos los filtros para una correcta operación de la cadena receptora. La frecuencia de operación de la unidad de convertidor de frecuencia 1014 se ajusta mediante la unidad de micro-controlador 1060.

La unidad de AGC 1018 se conecta a una unidad de convertidor analógico-digital (A/D) 1020 y la unidad de acondicionamiento de señal (SC) 1022. La AGC 1018 es opcional y sitúa el nivel de señal recibido sustancialmente cercano al centro del rango dinámico del convertidor A/D 1020. Si se incluye, la AGC 1018 se configura de manera que la presencia de potencia de señal baja, el ruido dentro del ancho de banda de operación no domine la operación de la unidad de AGC 1018. La AGC 1018 también se configura de manera que la contribución de la ganancia de la unidad de AGC 1018 sea compensada en los cálculos de  $G_{db}$ , la ganancia de enlace del sistema de enlace descendente, o el valor de ganancia de la AGC 1018 se compense en la unidad de acondicionamiento de señal (SC) 1022. Si la unidad de AGC 1018 se utiliza en la unidad de red 1002 y la unidad se designa para las redes celulares de acceso múltiple por división de códigos (CDMA), se selecciona que el ancho de banda de AGC sea mucho menor que la tasa de repetición de control de potencia del sistema CDMA, por ejemplo menor de 1,5kHz en redes WCDMA, de manera que la operación del AGC no interfiera con el control de potencia de bucle cerrado. Si la unidad AGC 1018 no está incluida, la unidad de convertidor A/D 1020 se diseña para proporcionar el suficiente rango dinámico, que puede ser tan elevado como 192dB (32-bits). La unidad de convertidor A/D 1020 se conecta a la unidad de acondicionamiento de señal 1022. La unidad de acondicionamiento de señal 1022 realiza tareas que incluyen medios de filtrado de selección de canal para la banda de frecuencia de operación seleccionada, conversión de frecuencias, inserción de frecuencias de referencia, estimación del nivel de señal, un algoritmo AGC, algoritmos de transmisor WLAN, y otras características de acondicionamiento y procesamiento de la señal. Por ejemplo, los filtros de selección de canal pueden ser implementados como filtros polifásicos y ajustarse para un ancho de banda de operación seleccionada de 1,3, 5, 10 o 15 MHz, operando en cualquier posición dentro de los servicios de comunicaciones personales (PCS) o celulares de enlace directo o en el espectro de frecuencia seleccionado. La frecuencia de reloj de la unidad de acondicionamiento de señal 1022 se obtiene de una unidad de frecuencia de referencia 1070 local y se proporciona mediante la unidad de reloj 1024. Dependiendo de los parámetros del sistema, el ancho de banda operativo, 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 una matriz de puertas programable in situ (FPGA, por sus siglas en inglés), circuitos integrados de aplicación específica (ASIC, por sus siglas en inglés), y procesadores de señales digitales de uso general (DSP) tal como el procesador de Texas Instruments TMS320C6416-7E3. La unidad de acondicionamiento de señal 1022 incluye todas las interfaces y memoria apropiadas. La unidad de acondicionamiento de señal 1022 se conecta a la unidad de convertidor digital-analógico (convertidor D/A) 1026. La unidad de convertidor D/A 1026 incluye suficiente filtrado posterior después de la conversión digital a analógica. La unidad de convertidor D/A 1026 se conecta al convertidor de frecuencia 1028. La unidad de convertidor de frecuencia 1028 convierte elevándolas, las frecuencias de la señal de entrada de la parte seleccionada de la banda U-NII de frecuencias. La unidad de convertidor de frecuencia 1028 incluye un filtrado suficiente para la operación correcta de la cadena transmisora. La frecuencia de operación de la unidad de convertidor de frecuencia 1028 se ajusta mediante una unidad de micro-controlador 1060. Por lo tanto, puede utilizarse un algoritmo de asignación de canal dinámico (DCA, por sus siglas en inglés) para seleccionar la mejor banda de frecuencia de operación. La unidad de convertidor de frecuencia 1028 se conecta a la unidad de amplificador de ganancia variable 1030. La ganancia del amplificador 1030 es ajustada mediante la unidad de micro-controlador 1060 y puede ajustarse a la máxima potencia permitida para la transmisión en una banda U-NII. La unidad de amplificador de ganancia variable 1030 se conecta al filtro dúplex 1034. El filtro dúplex 1034 se conecta al LNA de enlace inverso 1040 y al amplificador de VG 1030. El LNA 1040 se conecta a la unidad de convertidor de frecuencia 1042. La unidad de convertidor de frecuencia 1042 se conecta a la unidad de acoplador direccional 1041. El convertidor de frecuencia 1042 convierte la banda de frecuencia de la señal entrante de la banda U-NII en la banda base, o en la banda de frecuencia "cercana a la base". La unidad de convertidor de frecuencia 1042 incluye el filtrado apropiado para la correcta operación de la cadena receptora. La frecuencia de operación de la unidad de convertidor de frecuencia 1042 es ajustado por la unidad de micro-controlador 1060. La unidad de acoplador direccional 1041 se conecta a la unidad de control de ganancia automático (AGC) 1044 y la unidad de receptor de señal de calibración 1016. La unidad de AGC 1044 se conecta a una unidad de convertidor analógico-digital (convertidor A/D) 1046 y a la unidad de acondicionamiento de señal 1048. La AGC 1044 es opcional y se utiliza para situar el nivel de señal recibida sustancialmente cerca del centro del rango dinámico del convertidor A/D 1046. Si se incluye, la AGC 1044 se implementa de manera que en presencia de potencia de señal baja, el ruido dentro del ancho de banda de operación no domina la operación de la unidad de AGC. La contribución de la ganancia de la unidad de AGC 1044 se selecciona para compensar en los cálculos finales de la ganancia de enlace del sistema de enlace ascendente  $G_{ul}$ , o el valor de la ganancia de la AGC 1044 se compensa en la unidad de acondicionamiento de señal (SC) 1048. Si la unidad AGC 1044 se utiliza en la unidad de red 1002 y la unidad está diseñada para redes celulares CDMA, el ancho de banda de AGC se selecciona para que sea mucho menor que la tasa de repetición de control de potencia del sistema CDMA, por ejemplo menor de 1,5kHz en redes WCDMA, de manera que la operación del AGC no interfiera con el mecanismo de control de potencia de bucle cerrado. Si la unidad AGC 1044

no está incluida, la unidad de convertidor A/D 1046 se configura para proporcionar el rango dinámico adecuado, que puede ser tan elevado como 192dB (32-bits). La unidad de convertidor A/D se conecta a la unidad de acondicionamiento de señal 1048. La unidad de acondicionamiento de señal 1048 realiza tareas que incluyen el filtrado de selección de canal para la banda de frecuencia de operación seleccionada, conversión de frecuencia, receptor de calibración de señal, estimación del nivel de señal, algoritmo de la AGC, algoritmos de receptor de WLAN y cualquier otra característica que utilice acondicionamiento y procesamiento de señal. Por ejemplo, los filtros de selección de canal que pueden ser implementados como filtros polifásicos y ajustarse para un ancho de banda de operación seleccionado de 1,3, 5, 10 o 15 MHz, operando en cualquier posición dentro de la UNII de enlace directo o un espectro de frecuencia seleccionado. La frecuencia de reloj de la unidad de acondicionamiento de señal 1048 puede obtenerse a partir de una unidad de frecuencia de referencia 1070 local y ser proporcionada por una unidad de reloj 1024. Dependiendo de los parámetros del sistema tales como el ancho de banda operativo y la carga de operación soportada tal como el filtrado, la unidad de acondicionamiento de la señal 1048 puede ser implementada mediante una variedad de tecnologías tales como matrices de puerta programable in situ (FPGA), circuitos integrados de aplicación específica (ASIC) y procesadores de señales digitales de uso general (DSP) tal como el procesador de Texas Instruments TMS320C6416-7E3. La unidad de acondicionamiento de señal 1048 incluye todas las interfaces y memoria apropiadas. La unidad de acondicionamiento de señal 1048 se conecta a la unidad de convertidor digital-analógico (convertidor D/A) 1050. La unidad de convertidor D/A 1050 se conecta al convertidor de frecuencia 1052. La unidad de convertidor D/A 1050 implementa medios de filtrado posteriores adecuados a continuación de la conversión digital-analógica. La unidad de convertidor de frecuencia 1052 convierte elevándolas, las frecuencias de la señal de entrada en la parte seleccionada de la banda de frecuencias celular o de servicios de comunicaciones personales (PCS). La unidad de convertidor de frecuencia 1052 incluye un filtrado adecuado para la operación correcta de la cadena transmisora. La frecuencia de operación de la unidad de convertidor de frecuencia 1052 se ajusta mediante una unidad de micro-controlador 1060. La unidad de convertidor de frecuencia 1052 se conecta a la unidad de amplificador de potencia 1054. La unidad de amplificador de potencia 1054 se conecta al acoplador direccional 1056.

Una unidad de generador/transmisor de señal de calibración 1058 se acopla al trayecto del transmisor de enlace inverso de la unidad de red 1002 a través del acoplador direccional 1056. La unidad 1058 genera una señal de sondeo de canal, que se utiliza para establecer las características de canal complejo entre las antenas 1004 y 1006 de la unidad de red 1002 y el terminal de entrada al receptor 1016 de señal de calibración. La señal de sondeo de canal generada por la unidad 1058 se transmite a través de la unidad de peso complejo 1072 y las antenas de diversidad 1004 y 1006 con un nivel de transmisión máximo, que está sustancialmente por debajo de cualquier nivel de señal esperado de la red celular, por ejemplo 20 dB por debajo del nivel de señal celular mínimo esperado. El nivel de señal de sondeo de canal transmitido combinado y la ganancia de procesamiento en la unidad de receptor de señal de calibración 1016 es menor que o igual al margen de ganancia de enlace ascendente  $dg_{ul}$ . La señal de sondeo de canal generada por la unidad 1058 es una señal de espectro ensanchado de secuencia directa modulada mediante un código pseudoaleatorio (PN) conocido, con una fase de código conocida, denominada una fase "de código propio", y que tiene una tasa de chips comparable a los enlaces directo e inverso de la unidad de red 1002 y la unidad de usuario 2002, que se muestra en los anchos de banda de operación de la figura 10, por ejemplo un ancho de banda de 5Mchips/s para 5MHz, y una longitud de código mínima para proporcionar una ganancia de procesamiento adecuada. Se proporciona la longitud de código que es mayor que la máxima latencia de trayecto esperado. Una longitud de código de 1000 chips es adecuada para la mayoría de los escenarios. La señal de sondeo de canal puede ser transmitida de forma continua, o transmitirse únicamente cuando es incitada por la transmisión. Las fases de código se seleccionan de tal manera que la diferencia de fase de código mínima es mayor que la latencia de trayecto máxima esperada medida en un número múltiple de chips. Las fases de código posteriores son múltiplos enteros de la fase de código mínima. La unidad de receptor de señal de calibración 1016 se acopla al trayecto de recepción de enlace inverso de la unidad de red 1002 mediante el acoplador direccional 1041 utilizando el código PN conocido. La fase de código de transmisión es capaz de detectar y desmodular la señal de sondeo de canal transmitida por la unidad 1058, que se introduce en el trayecto de enlace inverso a través del bucle cerrado que existe entre la unidad de red 1002 y la unidad de usuario 2002 en la figura 10. La unidad de receptor 1016 de señal de calibración se adapta para establecer la fuerza y fase de la señal recibida. Existe una respuesta del impulso de canal complejo entre las salidas combinadas de las antenas 1004 y 1006 de la unidad de usuario 1002 y el terminal de entrada al receptor de señal de calibración 1016. La unidad de receptor de señal de calibración 1016 establece la señal bien mediante una operación de correlación similar a un buscador de trayectos de un receptor RAKE, o bien mediante una operación de inversión de una matriz en un bloque apropiado de la señal recibida muestreada. La unidad de receptor de señal de calibración 1016 incluye muchas sub-unidades, por ejemplo un convertidor de frecuencia, para devolver la señal de calibración a las frecuencias de banda base. Otras sub-unidades son convertidores A/D y procesadores de banda base para realizar algoritmos de banda base. La fase de código PN puede asignarse de forma exclusiva o determinarse de acuerdo a un algoritmo aleatorio de manera que la probabilidad de dos unidades con la misma fase de código pueda ser muy baja. Otras estrategias de asignación de desplazamiento de código son también posibles, tales como la asignación dinámica en la que un desplazamiento de código se selecciona siempre que ninguna otra señal con el mismo desplazamiento se detecte en esa área geográfica. La asignación dinámica permite que el receptor 1016 de señal de calibración sea capaz de escanear y recibir "otras fases de código", y de ahí establecer si existe otro acoplamiento de señal a o desde otras unidades que puedan estar operando en la misma área geográfica. Más de una fase de código puede ser utilizada para establecer la respuesta del impulso de canal de manera que la probabilidad de detección por parte de otros sistemas se ve

5 aumentada. El código PN utilizado para la señal de sondeo de canal puede modularse con información acerca de la identidad de la unidad de red 1002. La frecuencia portadora de la señal de sondeo de canal transmitida puede ser la banda de frecuencia celular de operación. En otros modos de realización, pueden utilizarse frecuencias portadoras en otras bandas, tales como la banda ISM a 2,4GHz, para la transmisión de la señal de sondeo de canal. En otras  
 10 bandas, la frecuencia portadora del generador y transmisor de la señal de calibración 1058 se sitúa tan cerca como sea posible de la banda de frecuencia de operación. La tasa de chips y la potencia de transmisión del código PN de la señal de sondeo de canal se implementan de manera que la señal de sondeo de canal cumpla con las normas FCC 47 CFR apartado-15. La banda ISM, aunque no es la misma que la banda de operación celular, está suficientemente cerca para permitir al sistema hacer converger los pesos del algoritmo espacial y establecer los  
 15 pesos  $W_0$  y  $W_1$  utilizados en la unidad de peso complejo 1072. Cualquier diferencia de la antena y la propagación en la potencia de señal media y el comportamiento de la antena entre las bandas de operación ISM y celular, puede analizarse y minimizarse mediante selección de parámetros de filtrado.

Las funciones de la banda base de la unidad de transmisor de calibración 1058 y la unidad de receptor de calibración 1016, además de la unidad de peso complejo 1072 pueden integrarse y estar soportadas por la unidad de acondicionamiento de la señal 1048. En este ejemplo, la unidad de peso complejo 1072 se implementa en  
 20 combinación con dos amplificadores tales como los amplificadores 1054 situados antes de los filtros dúplex 1007 y 1010. Además, en el ejemplo ilustrativo, la unidad de generador y transmisor de señal de calibración 1058 y el receptor de señal de calibración 1016 están ambos en la unidad de red 1002. En otros modos de realización uno o más de entre el generador de señal de calibración 1016, la unidad de transmisor 1058, y el receptor de señal de calibración 1016, puede ser situado en la unidad de usuario 2002 con diversas modificaciones y teniendo en cuenta consideraciones de diseño. El ID del equipo y la unidad de frecuencia de referencia 624 que se muestran en la figura 6 en el trayecto de enlace directo, pueden estar soportados por la unidad de acondicionamiento de la señal 1022 en la unidad de red digital 1002. La descripción y función puede ser la misma que para la unidad 624.

La unidad de enlace de control 1062 puede ser un radioenlace entre las dos, la unidad de red 1002 y la unidad de usuario 2002, mostrado en la figura 10. El enlace de control 1062 puede ser un enlace propietario que opera en una de las bandas de frecuencias sin licencia o pueden ser enlaces inalámbricos estándar, tales como el 802.11b, 802.11a, 802.11g o enlaces Bluetooth, diseñados para operar en la banda sin licencia. La unidad de enlace de control 1062 se conecta a una unidad de micro-controlador 1060 y está adaptada para comunicarse con la unidad de red o de usuario a través de una interfaz apropiada. La unidad de enlace de control 1062 se conecta además con las antenas 1066 y 1064 para la transmisión y recepción de las señales de control. El ancho de banda de la antena y la frecuencia de operación pueden permitir, con modificaciones de poca importancia a la unidad 1002, que las antenas 1036 y 1038 realicen operaciones de la unidad de enlace de control 1062. Unas modificaciones de poca importancia a la unidad 1002 y la selección apropiada de las frecuencias de operación, permiten que la funcionalidad de la banda base de la unidad de enlace de control 1062 sea incluida en las unidades de acondicionamiento de la señal 1022 y 1048. Las señales de la unidad de enlace de control 1062 de transmisión/recepción pueden estar multiplexadas en frecuencia o tiempo con las señales de transmisión/recepción de la unidad de red 1002 de enlace directo e inverso que son transmitidas y recibidas por las antenas 1038 y 1036.

La unidad de micro-controlador 1060 puede ser un micro-procesador simple tal como ARM7 o ARM9, con memoria e interfaces adecuadas. La unidad de micro-controlador 1060 puede controlar la operación de la unidad de red 1002 y puede realizar un procesamiento y acondicionamiento de la señal adicional, tal como el establecimiento de la media del nivel de señal y estimación y algoritmos adaptativos tales como la media de mínimos cuadrados (LMS) y mínimos cuadrados recursivos (RLS). La unidad de micro-controlador 1060 puede además ajustar el ancho de banda de operación y los pesos  $W_0$  y  $W_1$  para comunicar y controlar la unidad de usuario 2002 a través de la unidad de enlace de control 1062, y para comunicar y controlar el generador y transmisor 1058 de señal de calibración y el receptor 1016 de señal de calibración para operar la conmutación para la diversidad de la antena receptora y monitorizar la correcta operación de la unidad de red 1002 y la unidad de usuario 2002. Otras tareas del micro-controlador 1060 se revelan en detalle en la discusión de las figuras 7A, 7B, 7C, y 7D. La unidad de micro-controlador 1060 se conecta a las unidades 1062, 1016, 1058, 1052, 1048, 1042, 1030, 1028, 1022, 1072 y 1014, además de los conmutadores de RF 1008 y 1032. El micro-controlador 1060 utiliza la respuesta del impulso de canal complejo en el terminal de salida de la unidad de receptor 1016 de la señal de calibración y puede utilizar la media de mínimos cuadrados (LMS), mínimos cuadrados recursivos (RLS), QR-RLS, o descomposición QR para computar los valores óptimos de los pesos complejos  $W_0$  y  $W_1$  de tal manera que la respuesta del impulso de canal complejo recibida en el terminal de salida de la unidad de receptor 1016 de señal de calibración se minimiza o reduce. Los pesos de transmisión permiten el aislamiento de la radiofrecuencia (RF) para las frecuencias de enlace ascendente entre la unidad de red 1002 y la unidad de usuario 2002 dentro del canal de propagación, y además puede permitir una PAR (potencia radiada aparente) posible general máxima de las antenas 1004 y 1006, lo que tiene como resultado una huella de cobertura máxima.

Las unidades 1062, 1016, 1058, 1052, 1042, 1060, 1028, 1046, 1020, 1024 y 1014 se representan en disposición conectada a la unidad de oscilador local 1070, o pueden de otro modo obtener frecuencias de reloj y de referencia de la señal del oscilador local 1070. Una unidad de interfaz de usuario 1061 simple, que puede ser un teclado, un conmutador DIP simple u otro dispositivo similar, puede conectarse a la unidad de microcontrolador 1060. La unidad

de red 1002 tiene un único “código de identidad”, que puede ser establecido por la unidad de interfaz de usuario 1061, es accesible por la unidad de micro-controlador 1060, y puede ser comunicado a la unidad de micro-controlador 2054 de la unidad de usuario 2002 u otras unidades de usuario que puedan encontrarse dentro del rango de operación de la unidad de red 1002.

5 La figura 10 muestra un ejemplo de implementación digital de la unidad de usuario 702, por ejemplo marcada como 2002 en la figura 10, que puede situarse en una localización con una cobertura de señal pobre, ya sea en interior o exterior. Dos antenas 2034 y 2036 pueden ser utilizadas para la diversidad de antena para el transmisor y receptor de banda celular de la unidad de usuario 2002. Dos antenas 2004 y 2006 pueden ser utilizadas para la diversidad de antena de la operación de banda U-NII band de la unidad de usuario 2002. Aunque puede utilizarse cualquier esquema de combinación de la diversidad tal como una combinación de relación máxima u otras 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, puede también utilizarse un esquema simple que esté basado en la diversidad conmutada de antena. La conmutación puede ser continua o estar basada en el nivel de potencia de la señal recibida. Por lo tanto, el conmutador de RF 2032 conectado a los duplexores 2030 y 2031, y la unidad de amplificador de bajo ruido (LAN) 2038 realiza operaciones de conmutación para la operación de recepción celular de la unidad de red 2002. El conmutador de RF 2008 conectado a las antenas 2004 y 2006 y el filtro dúplex 2010 realiza operaciones de conmutación para la operación de transmisión/recepción de la banda U-NII de la unidad de usuario 2002. Los filtros dúplex 2030 y 2031 también se conectan a las antenas 2036 y 2034 en un lado, y a la unidad de peso complejo 2072 en el otro lado, además de la unidad de conmutación 2032. La unidad de peso complejo 2072 se conecta al combinador híbrido de un divisor de potencia 2070 y al micro-controlador 2054. El combinador híbrido del divisor de potencia 2070 se conecta a una unidad amplificadora de potencia 2028 a través del acoplador direccional 2027. Los acopladores direccionales pueden ser acopladores direccionales de 17dB. El amplificador de bajo ruido (LNA) 2038 se conecta a la unidad de convertidor de frecuencia 2040. El convertidor de frecuencia 2040 se conecta a la unidad de control de ganancia automática (AGC) 2042. El convertidor de frecuencia 2040 convierte la banda de frecuencia de la señal entrante de la banda celular en la banda base, o en la banda de frecuencia “cercana a la banda base”. La unidad de convertidor de frecuencia 2040 incluye todos los filtros para una correcta operación de la cadena receptora. La frecuencia de operación de la unidad de convertidor de frecuencia 2040 se ajusta mediante la unidad de micro-controlador 2054. La unidad de Control de ganancia automático (AGC) 2042 se conecta a una unidad de convertidor analógico-digital (A/D) 2044 y la unidad de acondicionamiento de señal (SC) 2046. La AGC 2042 es opcional y se utiliza para ajustar el nivel de señal recibido sustancialmente cercano al centro del rango dinámico del convertidor A/D 2044. Si se incluye, la AGC 2042 se adapta de manera que la presencia de potencia de señal baja, el ruido dentro del ancho de banda de operación no domine y la contribución de ganancia es compensada en los cálculos de ganancia de enlace del sistema de enlace ascendente  $G_{ul}$ . De otro modo, el valor de la ganancia del AGC 2042 se compensa en la unidad de acondicionamiento de señal (SC) 2046. Si la unidad AGC 2042 se utiliza en la unidad de usuario 2002 y la unidad está diseñada para redes celulares CDMA, el ancho de banda de AGC se selecciona para que sea mucho menor que la tasa de repetición de control de potencia del sistema CDMA, por ejemplo menor de 1,5kHz en redes WCDMA, de manera que la operación del AGC no interfiera con el mecanismo de control de potencia de bucle cerrado. Si la unidad AGC 2042 no está incluida, la unidad de convertidor A/D 2044 proporciona un rango dinámico adecuado, que puede ser tan elevado como 192dB (32-bits). La unidad de convertidor A/D 2044 se conecta a la unidad de acondicionamiento de señal 2046.

La unidad de acondicionamiento de señal (SC) 2046 realiza tareas que incluyen medios de filtrado de selección de canal para la banda de frecuencia de operación seleccionada, conversión de frecuencias, inserción de frecuencias de referencia, estimación del nivel de señal, un algoritmo AGC, algoritmos de transmisor WLAN, y otras características de acondicionamiento y procesamiento de la señal. Por ejemplo, los filtros de selección de canal pueden ser implementados como filtros polifásicos y ajustarse para un ancho de banda de operación seleccionada de 1,3, 5, 10 o 15 MHz, operando en cualquier posición dentro de los servicios de comunicaciones personales (PCS) o celulares de enlace directo o en el espectro de frecuencia seleccionado. Por ejemplo, los filtros de selección de canal pueden ser implementados como filtros polifásicos y ajustarse para un ancho de banda de operación seleccionada de 1,3, 5, 10 o 15 MHz, operando en cualquier posición dentro de los servicios de comunicaciones personales (PCS) o celulares de enlace directo o en el espectro de frecuencia seleccionado. La frecuencia de reloj de la unidad de acondicionamiento de señal 1022 se obtiene de una unidad de frecuencia de referencia 1070 local y se proporciona mediante la unidad de reloj 1024. La frecuencia de reloj de la unidad de acondicionamiento de señal 2046 puede obtenerse a partir de una unidad de frecuencia de referencia 2023 local y ser proporcionada por una unidad de reloj 2022. Dependiendo de los parámetros del sistema y del ancho de banda operativo y la carga de operaciones soportadas tal como el filtrado, la unidad de acondicionamiento de la señal 2046 puede ser implementada mediante una variedad de tecnologías tales como matrices de puerta programable in situ (FPGA), circuitos integrados de aplicación específica (ASIC) y procesadores de señales digitales de uso general (DSP) tal como el procesador de Texas Instruments TMS320C6416-7E3. La unidad de acondicionamiento de señal 2046 incluye interfaces y memoria apropiadas. La unidad de acondicionamiento de señal 2046 se conecta a la unidad de convertidor digital-analógico (convertidor D/A) 2048. La unidad de convertidor D/A 2048 incluye un filtrado posterior que es adecuado después de la conversión digital-analógica. La unidad de convertidor D/A 2048 se conecta al convertidor de frecuencia 2050. La unidad de convertidor de frecuencia 2050 convierte elevándolas, las frecuencias de la señal de entrada en la parte seleccionada de la banda de frecuencias UNII. La unidad de convertidor de

frecuencia 2050 incluye un filtrado adecuado para la operación correcta de la cadena transmisora. La frecuencia de operación de la unidad de convertidor de frecuencia 2050 se ajusta mediante una unidad de micro-controlador 2054. Puede utilizarse un algoritmo de asignación de canal dinámico (DCA) para seleccionar la mejor banda de frecuencia de operación. La unidad de convertidor de frecuencia 2050 se conecta a la unidad de amplificador de ganancia variable 2052. La ganancia del amplificador 2052 es ajustada mediante la unidad de micro-controlador 2054 y puede ajustarse a la máxima potencia permitida para la transmisión en una banda U-NII. La unidad de amplificador de ganancia variable 2052 se conecta al filtro dúplex 2010. El filtro dúplex 2010 se conecta al LNA de enlace directo 2012 y al amplificador de VG 2052. El amplificador de bajo ruido (LNA) 2012 se conecta a la unidad de convertidor de frecuencia 2014. La unidad de convertidor de frecuencia 2014 se conecta a la unidad de acoplador direccional 2017. El convertidor de frecuencia 2014 convierte la banda de frecuencia de la señal entrante de la banda U-NII en la banda base, o en la banda de frecuencia "cercana a la base". La unidad de convertidor de frecuencia 2014 incluye el filtrado apropiado para la correcta operación de la cadena receptora. La frecuencia de operación de la unidad de convertidor de frecuencia 2014 es ajustada por la unidad de micro-controlador 2054. La unidad de acoplador direccional 2017 se conecta a la unidad de control de ganancia automático (AGC) 2016 y la unidad de receptor de señal de calibración 2015. La unidad de AGC 2016 se conecta a la unidad de convertidor analógico-digital (convertidor A/D) 2018 y a la unidad de acondicionamiento de señal 2020. La AGC 2016 es opcional y ajusta el nivel de señal recibida sustancialmente cerca del centro del rango dinámico del convertidor A/D 2018. Si se incluye, la AGC 2016 está configurada de manera que en presencia de potencia de señal baja, el ruido dentro del ancho de banda de operación no domina la operación y la contribución de ganancia es compensada en los cálculos finales de la ganancia de enlace del sistema de enlace descendente  $G_{ul}$ . De otro modo, el valor de la ganancia de la AGC 2016 se compensa en la unidad de acondicionamiento de señal (SC) 2020. Si la unidad AGC 2016 se utiliza en la unidad de usuario 2002 y la unidad está diseñada para redes celulares de acceso múltiple por división de códigos (CDMA), el ancho de banda de AGC se selecciona para que sea mucho menor que la tasa de repetición de control de potencia del sistema CDMA, por ejemplo menor de 1,5kHz en redes WCDMA, de manera que la operación del AGC no interfiera con el control de potencia de bucle cerrado. Si la unidad AGC 2016 no está incluida, la unidad de convertidor A/D 2018 proporciona un rango dinámico adecuado, que puede ser tan elevado como 192dB (32-bits). La unidad de convertidor A/D 2018 se conecta a la unidad de acondicionamiento de señal 2020. La unidad de acondicionamiento de señal 2020 realiza tareas que incluyen el filtrado de selección de canal para la banda de frecuencia de operación seleccionada, conversión de frecuencia, receptor de calibración de señal, estimación del nivel de señal, algoritmo de la AGC, algoritmos de receptor de WLAN y cualquier otra característica de acondicionamiento y procesamiento de señal. Por ejemplo, los filtros de selección de canal pueden ser implementados como filtros polifásicos y ajustarse para un ancho de banda de operación determinado de 1,3, 5, 10 o 15 MHz, operando en cualquier posición dentro de la UNII de enlace directo o un espectro de frecuencia seleccionado. La frecuencia de reloj de la unidad de acondicionamiento de señal 2020 se obtiene a partir de una unidad de reloj 2022 donde la frecuencia de referencia es proporcionada por una unidad de reloj 2023. Dependiendo de los parámetros del sistema tales como el ancho de banda operativo y la carga de operación soportada tal como el filtrado, la unidad de acondicionamiento de la señal 2020 puede ser implementada mediante una variedad de tecnologías tales como matrices de puerta programable in situ (FPGA), circuitos integrados de aplicación específica (ASIC) y procesadores de señales digitales de uso general (DSP) tal como el procesador de Texas Instruments TMS320C6416-7E3. La unidad de acondicionamiento de señal 2020 incluye interfaces y memoria apropiadas. La unidad de acondicionamiento de señal 2020 se conecta a la unidad de convertidor digital-analógico (convertidor D/A) 2024. La unidad de convertidor D/A 2024 se conecta al convertidor de frecuencia 2026. La unidad de convertidor D/A 2024 incluye un filtrado posterior que es adecuado después de la conversión digital-analógica. La unidad de convertidor de frecuencia 2026 convierte elevándolas, las frecuencias de la señal de entrada en la parte seleccionada de la banda de frecuencias de servicios de comunicaciones personales (PCS) o celulares. La unidad de convertidor de frecuencia 2026 incluye un filtrado adecuado para la operación correcta de la cadena transmisora. La frecuencia de operación de la unidad de convertidor de frecuencia 2026 se ajusta mediante una unidad de micro-controlador 2054. La unidad de convertidor de frecuencia 2026 se conecta a la unidad de amplificador de potencia 2028. La unidad de amplificador de potencia 2028 se conecta al acoplador direccional 2027.

Una unidad de generador/transmisor de señal de calibración 2025 se acopla al trayecto del transmisor de enlace directo de la unidad de usuario 2002 a través del acoplador direccional 2027 y genera una señal de sondeo de canal, que establece las características de canal complejo entre las antenas 2034, 2036 de la unidad de usuario 2002 y el terminal de entrada al receptor 2015 de señal de calibración. La señal de sondeo de canal generada por la unidad 2025 se transmite a través de la unidad de peso complejo 2072 y las antenas de diversidad 2034 y 2036 con un nivel de transmisión máximo, que está sustancialmente por debajo de cualquier nivel de señal esperado de la red celular, por ejemplo 20 dB por debajo del nivel de señal celular mínimo esperado. El nivel de señal de sondeo de canal transmitido combinado y la ganancia de procesamiento utilizada en la unidad de receptor de señal de calibración 2025 es menor que o igual al margen de ganancia de enlace descendente  $dg_{dl}$ . La señal de sondeo de canal generada por la unidad 2025 es una señal de espectro ensanchado de secuencia directa modulada mediante un código pseudoaleatorio (PN) conocido, con una fase de código conocida, que puede ser denominada una fase "de código propio". La señal de sondeo de canal tiene una tasa de chips comparable a los enlaces directo e inverso de la unidad de usuario 2002 y la unidad de red 1002 en los anchos de banda de operación de la figura 9, por ejemplo un ancho de banda de 5Mchips/s para 5MHz, y una longitud de código mínima para proporcionar una ganancia de procesamiento adecuada. La señal de sondeo de canal es generada con una longitud de código de tiempo mayor que la máxima latencia de trayecto esperada. Una longitud de código de 1000 chips es adecuada para la mayoría de

los escenarios. La señal de sondeo de canal puede ser transmitida de forma continua, o transmitirse únicamente cuando es incitada por la transmisión. Las fases de código se seleccionan de tal manera que la diferencia de fase de código mínima es mayor que la latencia de trayecto máxima esperada medida en un número múltiple de chips. Las fases de código posteriores son múltiplos enteros de la fase de código mínima. La unidad de receptor de señal de calibración 2015 se acopla al trayecto de recepción de enlace directo de la unidad de usuario 2002 mediante el acoplador direccional 2017 utilizando el código PN conocido. La fase de código de transmisión es capaz de detectar y desmodular la señal de sondeo de canal transmitida por la unidad 2025, que se introduce en el trayecto de enlace inverso a través del mecanismo de bucle cerrado que existe entre la unidad de usuario 2002 y la unidad de red 1002. La unidad de receptor 2015 de señal de calibración se adapta para establecer la fuerza y fase de la señal recibida, bien mediante una operación de correlación similar a un buscador de trayectos de un receptor RAKE, o bien mediante una operación de inversión de una matriz en un bloque apropiado de la señal recibida muestreada. Existe una respuesta del impulso de canal complejo entre las salidas combinadas de las antenas 2034, 2036 de la unidad de usuario 2002 y el terminal de entrada al receptor de señal de calibración 2015.

La unidad de receptor de señal de calibración 2015 incluye muchas sub-unidades. Una sub-unidad de convertidor de frecuencia devuelve la señal de calibración a las frecuencias de banda base. Otras unidades tales como convertidores A/D y procesadores de banda base realizan algoritmos de banda base. La fase de código PN puede ser asignada exclusivamente, o determinada de acuerdo a un algoritmo aleatorio, por el cual la probabilidad de dos unidades que tengan la misma fase de código es muy baja. Otras estrategias de asignación de desplazamiento de código pueden de otro modo utilizarse, tales como la asignación dinámica, por la cual se selecciona un desplazamiento de código siempre que el desplazamiento no se detecte de otro modo en el área geográfica. La determinación permite que el receptor de señal de calibración 2015 escanee y reciba "otras fases de código", estableciendo si cualquier otra señal se acopla a otras unidades que puedan estar operando en la misma área geográfica. Más de una fase de código puede ser utilizada para establecer la respuesta del impulso de canal complejo, de manera que la probabilidad de detección por parte de otros sistemas se ve aumentada. El código PN para la señal de sondeo de canal puede ser modulado con información acerca de la identidad de la unidad de usuario 2002. La frecuencia portadora de la señal de sondeo de canal transmitida puede ajustarse a la banda de frecuencia celular de operación celular o puede ser ajustada a frecuencias portadoras en otras bandas, tales como la banda ISM a 2,4GHz, para la transmisión de la señal de sondeo de canal. Para frecuencias de operación fuera de la banda celular, la frecuencia portadora del generador y transmisor 2025 de señal de calibración se sitúa tan cerca como sea posible de la banda de frecuencia de operación. La tasa de chips y la potencia de transmisión del código PN de la señal de sondeo de canal se implementan de tal manera que la señal de sondeo de canal cumpla con la norma FCC 47 CFR Apartado-15. La banda ISM, aunque no es la misma que la banda de operación celular, se encuentra suficientemente cerca para permitir que el sistema haga converger los pesos del algoritmo espacial, y establecer los pesos  $W_0$  y  $W_1$  utilizados en la unidad de peso complejo 2072. Cualquier diferencia de la antena y la propagación en la potencia de señal media y del comportamiento de la antena entre la ISM y las bandas de operación celular, pueden tenerse en cuenta en la implementación del filtro.

Las funciones de la banda base de la unidad de transmisor de calibración 2025 y la unidad de receptor de calibración 2015, además de la unidad de peso complejo 2072 pueden integrarse y estar soportadas por la unidad de acondicionamiento de la señal 2020. En el ejemplo ilustrativo, dos amplificadores 2028 se sitúan antes de los filtros dúplex 2031 y 2030. El ejemplo representado además incluye la unidad de generador y transmisor de señal de calibración 2025 y el receptor de señal de calibración 2015, ambos contenidos en la unidad de usuario 2002. En otros modos de realización, en una o ambas unidades de red y usuario, la unidad de generador y transmisor 2025 de señal de calibración, y el receptor de señal de calibración 2015, puede ser situado en la unidad de red 1002 con algunas modificaciones. La unidad de receptor 716 de frecuencia de referencia, que se muestran en la figura 7 en el trayecto de enlace directo, pueden estar soportados por la unidad de acondicionamiento de la señal 2020 en la unidad de usuario digital 2002, con similar estructura y función que la unidad 716.

La unidad de enlace de control 2056 puede ser un radioenlace entre la unidad de red 1002 y la unidad de usuario 2002, puede ser un enlace propietario que opera en una de las bandas de frecuencias sin licencia, o pueden ser enlaces inalámbricos estándar, tales como el 802.11b, 802.11a o enlaces Bluetooth, diseñados para operar en la banda sin licencia. La unidad de enlace de control 2056 se conecta a una unidad de micro-controlador 2054 y está adaptada para comunicarse con la unidad a través de una interfaz apropiada. La unidad de enlace de control 2056 se conecta además con las antenas 2058 y 2060 para la transmisión y recepción de las señales de control. En el ancho de banda y la frecuencia de operación adecuadas las unidades de antena 2004 y 2006 pueden también utilizarse para las operaciones de la unidad de enlace de control con modificaciones de poca importancia a la unidad 2002. Además, con modificaciones de poca importancia a la unidad 2002 y con la selección apropiada de las frecuencias de operación, la funcionalidad de la banda base de la unidad de enlace de control 2056 puede incluirse en las unidades de acondicionamiento de la señal 2046 y 2020, con las señales de la unidad de enlace de control 2056 de transmisión/recepción multiplexadas en frecuencia o tiempo. Las señales de transmisión/recepción de la unidad de usuario 2002 de enlace directo e inverso son transmitidas y recibidas por las antenas 2004 y 2006.

La unidad de micro-controlador 2054 puede ser un micro-procesador simple tal como ARM7 o ARM9, con memoria e interfaces adecuadas. La unidad de micro-controlador 2054 controla la operación de la unidad de usuario 2002 y

5 puede realizar algunas operaciones adicionales de procesamiento y acondicionamiento de la señal, tal como el establecimiento de la media del nivel de señal y estimación y algoritmos adaptativos. Algoritmos adaptativos adecuados incluyen la media de mínimos cuadrados (LMS) y mínimos cuadrados recursivos (RLS). La unidad de micro-controlador 2054 ajusta el ancho de banda de operación y ajusta los pesos  $W_0$  y  $W_1$  para comunicar y controlar la unidad de red 1002 de la figura 9 a través de la unidad de enlace de control 2056, para comunicar y controlar el generador y transmisor 2025 de señal de calibración y el receptor 2015 de señal de calibración, operar la conmutación para la diversidad de la antena receptora y monitorizar la correcta operación de la unidad de usuario 2002. Otros ejemplos de operación del micro-controlador 2054 se tratan en referencia a las figuras 7A, 7B, 7C, y 7D. La unidad de micro-controlador 2054 se conecta a las unidades 2056, 2052, 2050, 2046, 2040, 2026, 2020, 2015, 2025, 2072 y 2014, además de los conmutadores de RF 2032 y 2008. El micro-controlador 2054, utilizando la respuesta del impulso de canal complejo en el terminal de salida de la unidad de receptor 2015 de la señal de calibración, y utilizando la media de mínimos cuadrados (LMS), mínimos cuadrados recursivos (RLS), QR-RLS, o descomposición QR computa los valores óptimos de los pesos complejos  $W_0$  y  $W_1$ , de tal manera que la respuesta del impulso de canal complejo recibida en la salida de la unidad de receptor 2015 de receptor de calibración se minimiza o reduce. Con la disposición de los pesos de transmisión, el aislamiento de la radiofrecuencia (RF) para las frecuencias de enlace descendente entre la unidad de usuario 2002 y la unidad de red 1002 se adapta dentro del canal de propagación, permitiendo una PAR (potencia radiada aparente) posible general máxima de las antenas 2034 y 2036 y generando una huella de cobertura máxima.

20 Las unidades 2056, 2050, 2040, 2026, 2054, 2018, 2044, 2022, 2025, 2015 y 2014 están conectadas a una unidad de oscilador local 2023 o bien obtienen frecuencias de reloj y de referencia de la señal del oscilador local 2023. Una unidad de interfaz de usuario 2055 simple, que puede ser un teclado, un conmutador DIP simple o un dispositivo similar, se conecta a la unidad de microcontrolador 2054. La unidad de usuario 2002 tiene un único "código de identidad", que puede ser establecido por la unidad de interfaz de usuario 2005, y es accesible a la unidad de micro-controlador 2054, y puede ser comunicarse con la unidad de micro-controlador 1060 de la unidad de red 1002.

25 La descripción del flujo de control que se proporciona para las figuras 7A, 7B, 7C, 7D, 8A, 8B, 8C, y 8D puede también utilizarse para la implementación digital de la unidad de red 1002 y la unidad de usuario 2002, y se trata con respecto a las figuras 9 y 10.

30 En la operación de enlace inverso de la unidad de red 1002 y la unidad de usuario 2002, por ejemplo, las señales recibidas a través de las unidades de antena 2034 y 2036 son retransmitidas a través de las unidades de antena 1004 y 1006 a una potencia de señal mayor. Las señales retransmitidas pueden ser recibidas nuevamente a través de las unidades de antena 2034 y 2036 y pueden denominarse "Señales de retorno de enlace ascendente", lo que causa que un trayecto de retorno de señal puede generar inestabilidad en la operación de amplificación. En la implementación digital de la unidad de red 1002 y la unidad de usuario 2002, la magnitud de la "Señal de retorno de enlace ascendente" que retorna puede reducirse mediante diversas técnicas de procesamiento de señal.

35 La selección, diseño, y efectividad de una técnica depende de los parámetros del sistema y las condiciones de operación. La mayoría de los algoritmos de mitigación de trayectos múltiples pueden aplicarse para la reducción de la señal de retorno. Sin embargo, debido a las latencias de propagación extremadamente pequeñas entre la unidad de red 1002 y la unidad de usuario 2002, y a la limitada resolución temporal de sistema, los algoritmos convencionales pueden ser, en el mejor de los casos, difíciles y costosos de implementar en la práctica y, en el peor de los casos, perjudiciales. Por consiguiente, un ejemplo de una técnica de filtrado novedosa se describe en la sección "Nueva técnica de filtrado de canal". Una latencia deliberada se introduce en la retransmisión de la señal recibida para separar la señal de retorno ("señal de retorno de enlace ascendente") de la señal incidente original en los terminadores de salida de la unidad de antena 2034 y 2036. Por ejemplo, una latencia del usuario cercano asegura una separación de tiempo de la señal retransmitida de la señal original recibida, y permite la mitigación de la señal retransmitida utilizando una técnica de "filtrado de canal". La latencia puede introducirse en la unidad de acondicionamiento de la señal 1048 dada la disponibilidad de un búfer de datos digital de suficiente tamaño. La operación de filtrado de canal puede ser realizada por la unidad de acondicionamiento de la señal 1048 o la unidad de acondicionamiento de señal 2046, o puede ser llevada a cabo por un ASIC o FPGA independiente conectado a la unidad de convertidor AD/C 1046 y la unidad de acondicionamiento de señal 1048. En otro modo de realización, con modificaciones de poca importancia, la unidad ASIC o FPGA de "filtrado de canal" puede situarse en la unidad de usuario 2002, conectada a la unidad de convertidor A/D 2044 y a la unidad de acondicionamiento de señal 2046. La señal de sondeo de canal puede utilizarse para la estimación del canal, de manera que la amplitud y la fase de la respuesta del canal general, incluyendo el trayecto de retorno pueda estimarse durante el modo de sondeo de canal a continuación de la convergencia de los pesos  $W_0$  y  $W_1$  de la unidad de peso complejo 1072 para ajustar las derivaciones del filtro de canal. La introducción de un filtro de canal en el trayecto también tiene un impacto en la operación del esquema de diversidad de antena. Durante la realización de la estimación de canal complejo, las operaciones de conmutación de antena se sincronizan de manera que de las posibles combinaciones de antena conmutada, sólo existan dos posibilidades. La conmutación o selección de antena puede controlarse mediante una unidad de micro-controlador 1060 en la unidad de red 1002 y el micro-controlador 2054 en la unidad de usuario 2002. La estimación puede realizarse para dos trayectos de propagación, y pueden determinarse dos conjuntos de coeficientes de filtro de canal para la operación de filtrado. Por consiguiente, los coeficientes de filtro relevantes

5 pueden seleccionarse o conmutarse a la operación en sincronía y en armonía con la selección de antena. El filtrado de canal no se utiliza para mitigar totalmente la señal de retorno sino más bien se utiliza para suprimir suficientemente la señal, de manera que sea posible alguna ganancia del sistema para la operación de amplificación de la señal. La introducción de la latencia deliberada puede también ser utilizada en conjunto con otros algoritmos de procesamiento de señal conocidos para reducir el acoplamiento entre las dos unidades, la de red 1002 y la de usuario 2002. Un análisis similar se aplica al enlace directo de la unidad de red 1002 y la unidad de usuario 2002. Por consiguiente, la "latencia" y "filtrado de canal", con ayuda de la señal de calibración de enlace directo mostrada en la figura 10, se realiza en el enlace directo de la unidad de usuario 2002.

10 Otras técnicas, tales como el uso de polarización vertical para las unidades de antena 1004, 1006 y polarización horizontal para las antenas 2034, 2036 pueden mejorar adicionalmente el rendimiento del sistema. El rendimiento del sistema puede además mejorarse mediante el uso de antenas direccionales.

La descripción del flujo de control proporcionada para las figuras 7A, 7B, 7C, 7D, 8A, 8B, 8C, y 8D puede modificarse para la inclusión de la estimación de canal del "filtrado de canal" en la implementación digital de la unidad de red 1002 y la unidad de usuario 2002.

15 La descripción ilustrativa es únicamente un ejemplo de cómo el sistema puede ser implementado, y no es el único método y solución posible. Pueden señalarse diversos puntos, tal como sigue a continuación:

20 1. La unidad de red 1002 puede controlar diversas unidades de usuario, tales como la unidad de usuario 2002. En tales configuraciones, el ejemplo de flujo de control que se muestra en las figuras 7A, 7B, 7C, 7D, 8A, 8B, 8C, y 8D puede ser implementado de tal manera que la unidad de red 1002 pueda inicializar cada unidad de usuario de manera independiente al principio, y en combinación en una etapa final. En un escenario con diversas unidades de usuario tales como la 2002, la unidad de red 1002 puede hacer converger los pesos para la unidad de usuario que tenga la mínima pérdida de trayecto del sistema de enlace ascendente  $PL_{ul}$  con la unidad de red 1002. Por lo tanto, cada unidad de usuario 2002 en una red amplificadora puede tener una única fase de código.

25 2. Otra modificación que es utilizada para una operación con múltiples unidades de usuario es que la convergencia final de los pesos de las unidades en una red amplificadora con las unidades de red y de usuario, se realiza con todas las unidades de usuario bajo control de la unidad de red que está activa en la operación de sondeo de canal, de tal manera que los niveles de potencia de señal combinada no excedan el límite seguro. Si la señal combinada de las unidades de usuario excede el nivel aceptable para los sistemas de enlace inverso o directo, los pesos apropiados se modifican en incrementos graduales iterativos, hasta un nivel tal que se alcancen las ganancias de enlace del sistema máximas de los enlaces directo e inverso.

35 3. Aunque el trayecto de señal tanto en la unidad de red 1002 como en la unidad de usuario 2002 está habitualmente siempre activo en la dirección del enlace directo para amplificar la baliza, por ejemplo el canal de control de difusión (BCCH) en las transmisiones del sistema global para comunicaciones móviles (GSM) de las estaciones base, el trayecto de la señal de enlace inverso de la unidad de red 1002 y la unidad de usuario 2002 no necesita estar activo a menos que se detecte un nivel de señal sustancial, en base a la presencia de una señal "señal controlada" de enlace ascendente. La operación "controlada" de enlace inverso se gestiona para evitar interferencias con el trayecto y técnica de la señal de sondeo de canal que implican las unidades 1058 y 1016. La operación "controlada" se vuelve una operación continua durante el proceso de sondeo de canal con un sondeo de canal realizado regularmente.

40 4. Las modificaciones en el hardware y el software de control pueden ser implementadas para fusionar la unidad de red 1002 y la unidad de usuario 2002 en una única unidad, conectadas back-to-back". El diseño y la operación de la opción back-to-back se muestran y se describen en referencia a la figura 12.

45 5. El código de identidad único de la unidad de red 1002 y, de manera opcional, la localización del dispositivo pueden transmitirse a la red celular. La información puede utilizarse para localizar a un usuario en un entorno de interior, generando una tasa de bits baja fuertemente codificada, protegida que contenga un preámbulo largo conocido. También puede transmitirse el código de identidad único y opcionalmente la longitud y latitud de la unidad de red 1002. La información puede configurarse por impulsos para una fuga espectral baja, y superponerse en la señal de enlace inverso de un canal determinado mediante un esquema de modulación apropiado, dentro de la unidad de red 1002. El esquema de modulación se selecciona en base al sistema celular de operación. Por ejemplo, GSM tiene una modulación de envolvente constante, tal como la modulación de desplazamiento mínimo gaussiano (GMSK), de manera que puede utilizarse modulación de amplitud con bajo índice de modulación. Para los sistemas CDMA con control de potencia de enlace inverso rápido, puede utilizarse la modulación por desplazamiento de fase binaria diferencial (DBPSK) como esquema de modulación. La extracción de la información a partir de la señal de

canal recibida en la estación base implica modificaciones en el receptor de la estación base, pero no afecta a la operación usual del enlace celular.

6. Puede también implementarse una capacidad de control de potencia de bucle cerrado entre la unidad de red 1002 y la unidad de usuario 2002 para una operación en banda (U-NII) sin licencia, tanto en enlaces directos como inversos. El control de potencia de bucle cerrado puede estar basado en una tasa muy baja, por ejemplo 10 Hz, comandos de control de potencia absoluta o diferencial en base a la potencia de señal recibida para aumentar o reducir las potencias de transmisión de la banda U-NII. El control de potencia de bucle cerrado limita la potencia transmitida desde las antenas 1036, 1038 en el lado de la unidad de red 1002 y las antenas 2004, 2006 en el lado de la unidad de usuario 2002 a un nivel mínimo suficiente para una correcta operación. Pueden utilizarse amplificadores de ganancia para la transmisión de la banda U-NII tanto en la unidad de red 1002 como en la unidad de usuario 2002. Los mensajes de control de potencia de bucle cerrado pueden intercambiarse entre la unidad de red 1002 y la unidad de usuario 2002 a través de las unidades de enlace de control 1062 y 2056 en enlaces directos e inversos.

7. En el lado de la unidad de red 1002, una vez que los pesos  $W_0$  y  $W_1$  de la unidad de peso complejo 1072 están en convergencia, puede superponerse ruido aleatorio espacial en el patrón de radiación de la antena de manera que los patrones de onda estacionaria de propagación por trayectos múltiples estén lo suficientemente perturbados para proporcionar cierta ganancia de diversidad en el enlace ascendente. Puede también convertirse un segundo conjunto de pesos que mantienen la posición espacial de los "puntos de valor nulo" a la vez que cambian el patrón de radiación suficientemente para crear diversidad en el patrón de radiación de la antena. Los pesos pueden estar en convergencia primero realizando radiogoniometría, por ejemplo utilizando una transformada de Fourier discreta sobre los pesos originales para identificar la posición "Nula" y formar nuevos pesos utilizando algoritmos tales como conformación del haz de mínima varianza con restricción lineal (MVLICBF), donde la restricción es la posición del "punto de valor nulo" espacial. La conmutación repetida entre los dos conjuntos de pesos realiza una ganancia de diversidad del patrón de la antena en el enlace ascendente. Una operación similar se puede aplicar a la unidad de usuario 2002 para trayecto de enlace descendente.

8. En el ejemplo de la unidad de red 1002 y la unidad de usuario 2002, únicamente dos conjuntos de pesos complejos  $W_0$  y  $W_1$  se utilizan en las unidades de peso complejo 1072 y 2072, ya que dos antenas de diversidad están fácilmente disponibles en ambas unidades. Sin embargo, tanto en la unidad de red 1002 como en la unidad de usuario 2002 más de dos antenas, y de ahí más de dos pesos, pueden utilizarse en base a un análisis similar con modificaciones de poca importancia.

9. Aunque las unidades de peso complejo 1072 y 2072 en las unidades de red 1002 y 2002, respectivamente, se utilizan para la conformación de haz del transmisor, pueden utilizarse unidades de peso complejo similares en los terminales de entrada de los receptores de la unidad de enlace directo de las unidades de red 1002 y 2002, en lugar de conmutadores de RF 1008 y 2032, respectivamente, de manera que la conformación de haz del receptor puede también realizarse. La convergencia de pesos del receptor puede estar basada en un procedimiento similar al del transmisor con únicamente cambios de poca importancia.

10. Los pesos  $W_0$  y  $W_1$  de las unidades de peso complejo 1072 y 2072 en las unidades de red 1002 y 2002, respectivamente, pueden estar en convergencia con el enlace inverso de la unidad de red 1002 no operativa, por ejemplo sin recibir ni transmitir las señales de la banda celular de enlace ascendente dentro de la unidad de acondicionamiento de señal 1048, y el enlace directo de la unidad de usuario 2002 no operativa, por ejemplo sin recibir ni transmitir las señales de la banda celular de enlace descendente dentro de la unidad de acondicionamiento de señal 2020, de tal modo que las señales celulares no se repitan o se transmitan. La operación permite la convergencia de los pesos  $W_0$  y  $W_1$  de las unidades de peso complejo 1072 y 2072 en las unidades de red 1002 y 2002 en primer lugar, antes del inicio de la operación usual del amplificador.

Los puntos enumerados son aplicables a muchas implementaciones del amplificador digital diferentes.

#### Amplificador Back-to-back

En una disposición back-to-back, puede eliminarse la transmisión y recepción en la banda U-NII y un enlace de control entre la unidad de red 602 y la unidad de usuario 702. La Figura 11 representa un ejemplo de implementación analógica de una disposición back-to-back adecuada. Un amplificador puede situarse en una localización con buena cobertura de señal, ya sea en interior como en exterior. La unidad back-to-back 2252 incluye las antenas 2254, 2256, 2282 y 2280, todas operando en un espectro de frecuencias celular de interés. Las antenas 2254 y 2256 se conectan a los filtros dúplex 2260 y 2259 respectivamente. El conmutador de RF 2258 también se conecta a los filtros dúplex 2260 y 2259 para proporcionar la operación de diversidad de antena conmutada para la operación de recepción, según se revela con respecto a la operación de la unidad de red 602 y la unidad de usuario

702. En el enlace directo, la unidad de conmutación de radiofrecuencia (RF) 2258 se conecta al amplificador de bajo ruido (LNA) 2288 en la unidad de enlace directo 2264 a través del acoplador direccional 2261. La unidad de acoplador direccional 2261 puede además conectarse a la unidad de receptor de señal de calibración 2263. El amplificador de bajo ruido (LNA) 2288 se muestra conectado a la unidad de filtro 2286. La unidad de filtro de paso de banda 2286 puede ser diseñada para dejar pasar todas o una parte deseada del espectro de frecuencias celular de interés, o puede ser un grupo de filtros de paso de banda que se solapan. Los filtros de paso de banda que se solapan pueden cubrir todo el espectro al completo de interés en un sistema celular con un conmutador de RF incluido, de tal manera que la banda y ancho de banda seleccionado puedan seleccionarse ya sea de forma manual o automática. La unidad de filtro 2286 se conecta al amplificador de potencia 2284. La unidad de amplificador de potencia 2284 se conecta al acoplador direccional 2267. El acoplador direccional 2267 se conecta al combinador híbrido 2299 de la unidad de divisor de potencia y a la unidad de generador y transmisor 2265 de señal de calibración. El combinador híbrido 2299 de la unidad de divisor de potencia se conecta a la unidad de peso complejo 2269. La unidad de peso complejo 2269 se conecta a los filtros dúplex 2276 y 2277 y al micro-controlador 2270. Los filtros dúplex 2276 y 2277 se conectan a las antenas 2280 y 2282 y se conectan al conmutador de RF 2278. En el enlace inverso, la unidad de conmutador de RF 2278 se conecta a la unidad de acoplador direccional 2274. La unidad de acoplador direccional 2274 se conecta al receptor de señal de calibración 2272 y al amplificador de bajo ruido (LNA) 2290 en la unidad de enlace inverso 2266. La unidad de receptor de señal de calibración 2272 se adapta para establecer la fuerza y fase de la señal recibida en una respuesta del impulso de canal complejo que existe entre las salidas combinadas de las antenas 2254, 2256 y el terminal de entrada al receptor de señal de calibración 2272. La fuerza y fase de la señal recibida se establecen ya sea mediante una operación de correlación, que es similar a la operación de un buscador de trayectos de un receptor RAKE, o mediante una operación de inversión de una matriz en un bloque apropiado de señal recibida muestreada. La unidad de receptor de señal de calibración 2272 puede tener muchas sub-unidades, incluyendo un convertidor de frecuencia adaptado para devolver la señal de calibración a las frecuencias de banda base, convertidores A/D y procesadores de banda base para realizar algoritmos de banda base. Un amplificador de bajo ruido (LAN) 2290 se conecta a la unidad de filtro 2292, que puede a su vez conectarse a una unidad de amplificador de potencia 2294. El filtro de paso de banda 2292 puede diseñarse para dejar pasar todas o una parte deseada del espectro de frecuencias celular de interés, o puede ser un grupo de filtros de paso de banda que se solapan, que cubren el espectro completo del sistema celular de interés. Un conmutador de RF puede incluirse para seleccionar de forma manual o automática una banda y ancho de banda. El amplificador de potencia 2294 se conecta a la unidad de acoplador direccional 2262. La unidad de acoplador direccional 2262 se conecta a la unidad de generador y transmisor de señal de calibración 2268 y al combinador híbrido 2296 de la unidad de divisor de potencia. El combinador híbrido 2296 de la unidad de divisor de potencia, se conecta a la unidad de peso complejo 2298. La unidad de peso complejo 2298 se conecta a los filtros dúplex 2260 y 2259 y al micro-controlador 2270. Los filtros dúplex 2260 y 2259 se conectan a las antenas 2254 y 2256 y se conecta al conmutador de RF 2258. El micro-controlador 2270 se conecta a las unidades de generador y transmisor 2268 y 2265 de señal de calibración, las unidades receptoras de señal de calibración 2272 y 2263, la unidad de enlace inverso 2266 y la unidad de enlace directo 2264. Una unidad de interfaz de usuario 2271 simple, por ejemplo un teclado, un conmutador DIP simple u otra unidad de conmutación, se conecta a la unidad de microcontrolador 2270.

Aunque muchas unidades funcionales de la unidad de red 602 y la unidad de usuario 702 se eliminan en la unidad back-to-back 2252, la operación y otras unidades del amplificador permanecen fundamentalmente iguales a los componentes descritos para la unidad de red 602 y la unidad de usuario 702. La operación y descripción de las unidades de generador y transmisor 2268 y 2265 de señal de calibración, y las unidades receptoras 2272 y 2263 de señal de calibración en el enlace inverso y enlace directo son fundamentalmente similares a unidades con una funcionalidad similar descrita para la unidad de red 602 y la unidad de usuario 702. Las unidades de antena 2254, 2256, 2282 y 2280 se sitúan en proximidad cercana mutua, puede proporcionarse aislamiento extra de la antena mediante antenas sumamente direccionales y un incremento asociado en relaciones de radiación anterior/posterior.

Un código de identidad de una unidad 2252 único y la localización del dispositivo opcional pueden también transmitirse a la red celular para proporcionar información de utilidad a la hora de localizar un usuario en un entorno de interior. La información puede ser transmitida como datos de tasa de bits baja fuertemente codificados, protegidos, que contienen un preámbulo, un código de identidad único, y puede opcionalmente contener la longitud y la latitud de la unidad 2252. La información puede entonces configurarse por impulsos para una fuga espectral baja, y superponerse en la señal de enlace inverso de un canal seleccionado mediante un esquema de modulación apropiado. La gestión de los datos puede realizarse dentro de la unidad 2252. La elección del esquema de modulación depende del sistema celular de operación. Por ejemplo, el sistema global para comunicaciones móviles (GSM), utiliza una modulación de envolvente constante, tal como la modulación de desplazamiento mínimo gaussiano (GMSK), de manera que puede utilizarse modulación de amplitud con bajo índice de modulación. Los sistemas de acceso múltiple por división de código (CDMA) tienen control de potencia de enlace inverso rápido, de manera que puede utilizarse la modulación por desplazamiento de fase binaria diferencial (DBPSK) como el esquema de modulación. La extracción de información a partir de la señal del canal recibida en la estación base puede utilizar modificaciones de la estación base, aunque el enlace celular mantiene la operación normal.

La Figura 12 representa un ejemplo de implementación digital de una disposición back-to-back con un amplificador situado en una localización con buena señal de cobertura, ya sea en interior o exterior. La unidad back-to-back 2302

5 incluye las antenas 2304, 2306, 2328 y 2330, que opera en el espectro de frecuencias celular de interés. Las antenas 2304 y 2306 se conectan a los filtros dúplex 2310 y 2309 respectivamente. El conmutador de RF 2038 también se conecta a los filtros dúplex 2310 y 2309 para realizar una operación de diversidad de antena conmutada para la operación de recepción, según se revela para la unidad de red 1002 y la unidad de usuario 2002. En el enlace directo, la unidad de conmutador de RF 2308 se conecta al amplificador de bajo ruido (LNA) 2312. La unidad de acoplador direccional 2311 se conecta a la salida del LNA 2312 y a la unidad de receptor de señal de calibración 2305. El receptor de calibración 2305 se conecta además a un micro-controlador 2350. La unidad de acoplador direccional 2311 se conecta también a la unidad de convertidor de frecuencia 2313. El convertidor de frecuencia 2313 se conecta a una unidad de control de ganancia automático (AGC) 2314. El convertidor de frecuencia 2313 convierte la banda de frecuencia de la señal entrante de la banda celular en una banda de frecuencia de banda base o "cercana a la banda base". La unidad de convertidor de frecuencia 2313 incluye filtrado para la correcta operación de la cadena receptora. La frecuencia de operación de la unidad de convertidor de frecuencia 2313 se ajusta mediante una unidad de micro-controlador 2350. La unidad de AGC 2314 se conecta a una unidad de convertidor analógico-digital (A/D) 2316. La AGC 2314 es opcional y ajusta el nivel de señal recibida sustancialmente cerca del centro del rango dinámico del convertidor A/D 2316. Si se incluye, la AGC 2314 está configurada de manera que en presencia de potencia de señal baja, el ruido dentro del ancho de banda de operación no domina la operación. La contribución de ganancia de la unidad AGC 2314 es compensada en los cálculos finales de la ganancia de enlace del sistema de enlace descendente  $G_{dl}$ . De otro modo, el valor de la ganancia de la AGC 2314 puede compensarse en la unidad de acondicionamiento de señal 2318. Si la unidad AGC 2314 se utiliza en la unidad de amplificador 2300 y la unidad de amplificador está diseñada para redes celulares de acceso múltiple por división de códigos (CDMA), el ancho de banda de la unidad de AGC se selecciona para que sea mucho menor que la tasa de repetición de control de potencia del sistema CDMA, por ejemplo menor de 1,5kHz en redes WCDMA, de manera que la operación del AGC no interfiera con el control de potencia de bucle cerrado. Si la unidad AGC 2314 no está incluida, la unidad de convertidor A/D 2316 puede proporcionar un rango dinámico adecuado, que puede ser tan elevado como 192dB (32-bits). La unidad de convertidor A/D 2316 se conecta a la unidad de acondicionamiento de señal 2318. La unidad de acondicionamiento de señal 2318 realiza tareas tales como el filtrado de selección de canal para la banda de frecuencia de operación seleccionada, conversión de frecuencia, estimación del nivel de señal, algoritmo de la AGC, y otras características de acondicionamiento y procesamiento de señal. Por ejemplo, los filtros de selección de canal pueden ser implementados como filtros polifásicos y ajustarse para un ancho de banda de operación determinado de 1,3, 5, 10 o 15 MHz, operando en cualquier posición dentro de los servicios de comunicaciones personales (PCS) o celulares de enlace directo, u otro espectro de frecuencia seleccionado. Dependiendo de los parámetros del sistema tales como el ancho de banda operativo y la carga de operación soportada tal como el filtrado, la unidad de acondicionamiento de la señal 2318 puede ser implementada mediante una variedad de tecnologías tales como matrices de puerta programable in situ (FPGA), circuitos integrados de aplicación específica (ASIC) y procesadores de señales digitales de uso general (DSP) tal como el procesador de Texas Instruments TMS320C6416-7E3. La unidad de acondicionamiento de señal 2318 incluye interfaces y memoria apropiadas y se conecta a la unidad de convertidor digital-analógico (convertidor D/A) 2320. La unidad de convertidor D/A 2320 incluye un filtrado posterior que es adecuado después de la conversión digital-analógica. La unidad de convertidor D/A 2320 se conecta a la unidad de convertidor de frecuencia 2321. La unidad de convertidor de frecuencia 2321 convierte elevándolas, las frecuencias de la señal de entrada en la banda original de frecuencias celulares. La unidad de convertidor de frecuencia 2321 incluye un filtrado adecuado para la correcta operación de la cadena transmisora. La frecuencia de operación de la unidad de convertidor de frecuencia 2321 se ajusta mediante la unidad de micro-controlador 2350. La unidad de convertidor de frecuencia 2321 se conecta a la unidad de amplificador de potencia 2322, que se conecta a la unidad de acoplador direccional 2325. La unidad de acoplador direccional 2325 se conecta a la unidad de generador y transmisor 2323 de señal de calibración y el combinador híbrido 2358 de la unidad de divisor de potencia. El combinador híbrido 2358 de la unidad de divisor de potencia se conecta a la unidad de peso complejo 2360. La unidad de peso complejo 2360 se conecta a los filtros dúplex 2324 y 2327 y al micro-controlador 2350. Los filtros dúplex 2324 y 2327 se conectan a las antenas 2328 y 2330 y se conectan al conmutador de RF 2326. La unidad de generador y transmisor 2323 de señal de calibración también se conecta al micro-controlador 2350. En el enlace inverso, la unidad de conmutador de RF 2326 se conecta al micro-controlador 2350 y además se conecta a la unidad LNA 2332. La unidad LNA 2332 se conecta a la unidad de acoplador direccional 2334. La unidad de acoplador direccional 2334 se conecta a la unidad de convertidor de frecuencia 2335. El convertidor de frecuencia 2335 se conecta a la unidad de control de ganancia automático (AGC) 2336. El convertidor de frecuencia 2335 convierte la banda de frecuencia de la señal entrante de la banda celular en la banda de frecuencia de banda base o "cercana a la banda base". La unidad de convertidor de frecuencia 2335 incluye filtrado para la correcta operación de la cadena receptora. La frecuencia de operación de la unidad de convertidor de frecuencia 2335 es ajustada por la unidad de micro-controlador 2350. La unidad de acoplador direccional 2334 se conecta también a la unidad de receptor de señal de calibración 2348. La unidad de convertidor de frecuencia 2335 se conecta a la unidad AGC 2336. La unidad AGC 2336 se conecta a la unidad de convertidor analógico-digital (convertidor A/D) 2338. La AGC 2336 es opcional y ajusta el nivel de señal recibida sustancialmente cerca del centro del rango dinámico del convertidor A/D 2338. Si se incluye, la AGC 2336 está configurada de manera que en presencia de potencia de señal baja, el ruido dentro del ancho de banda de operación no domina la operación de la unidad de AGC 2336. La unidad de AGC 2336 está también diseñada con contribución de ganancia que es compensada en los cálculos finales de la ganancia de enlace del sistema de enlace ascendente  $G_{ul}$ . De otro modo, el valor de la ganancia de la AGC 2336 puede compensarse en la unidad de acondicionamiento de señal 2340. Si la unidad de AGC 2336 se utiliza en la unidad de amplificador 2300 y la unidad

está diseñada para redes celulares de acceso múltiple por división de códigos (CDMA), se selecciona que el ancho de banda de la unidad de AGC sea mucho menor que la tasa de repetición de control de potencia del sistema CDMA, por ejemplo menor de 1,5kHz en redes WCDMA, de manera que la operación de la AGC no interfiera con el control de potencia de bucle cerrado.

5 Si la unidad AGC 2336 no está incluida, la unidad de convertidor A/D 2338 proporciona un rango dinámico adecuado, que puede ser tan elevado como 192dB (32-bits). La unidad de convertidor A/D 2338 se conecta a la  
 10 unidad de acondicionamiento de señal 2340. La unidad de acondicionamiento de señal 2340 realiza tareas tales como el filtrado de selección de canal para la banda de frecuencia de operación seleccionada, conversión de frecuencia, estimación del nivel de señal, algoritmo de la AGC, y otras características de acondicionamiento y  
 15 procesamiento de señal. Por ejemplo, los filtros de selección de canal pueden ser implementados como filtros polifásicos y ajustarse para un ancho de banda de operación determinado de 1,3, 5, 10 o 15 MHz, operando en cualquier posición dentro de los servicios de comunicaciones personales (PCS) o celulares de enlace directo, u otro  
 20 espectro de frecuencia seleccionado. Dependiendo de los parámetros del sistema tales como el ancho de banda operativo y la carga de operación soportada tal como el filtrado, la unidad de acondicionamiento de la señal 2340 puede ser implementada mediante una variedad de tecnologías tales como matrices de puerta programable in situ (FPGA), circuitos integrados de aplicación específica (ASIC) y procesadores de señales digitales de uso general (DSP) tal como el procesador de Texas Instruments TMS320C6416-7E3. La unidad de acondicionamiento de señal  
 25 2340 incluye interfaces y memoria apropiadas. La unidad de acondicionamiento de señal 2340 se conecta a la unidad de convertidor digital-analógico (convertidor D/A) 2342. La unidad de convertidor D/A 2342 incluye un filtrado posterior que es adecuado después de la conversión digital-analógica. La unidad de convertidor D/D 2342 se conecta a la unidad de convertidor de frecuencia 2343, la cual convierte, elevándolas, las frecuencias de la señal de entrada en la parte seleccionada de la banda de frecuencias de servicios de comunicaciones personales (PCS) o  
 30 celulares. La unidad de convertidor de frecuencia 2343 incluye un filtrado para la operación correcta de la cadena transmisora. La frecuencia de operación de la unidad de convertidor de frecuencia 2343 se ajusta mediante una unidad de micro-controlador 2350. La unidad de convertidor de frecuencia 2026 se conecta a la unidad de amplificador de potencia 2028. La unidad de convertidor de frecuencia 2343 se conecta a la unidad de amplificador de potencia 2344, que se conecta al acoplador direccional 2346. La unidad de acoplador direccional 2346 se  
 35 conecta a la unidad de generador y transmisor de señal de calibración 2352 y a la unidad de divisor de potencia, combinador híbrido 2354. La unidad de divisor de potencia, combinador híbrido 2354, se conecta a la unidad de peso complejo 2356. La unidad de peso complejo 2356 se conecta a los filtros dúplex 2309 y 2310 y al micro-controlador 2350. Los filtros dúplex 2310 y 2309 se conectan a las antenas 2304 y 2306, y se conectan al conmutador de RF 2308. El micro-controlador 2350 se conecta a las unidades de generador y transmisor de señal de calibración 2352, 2323 y a las unidades receptoras de señal de calibración 2348 y 2305. Una unidad de interfaz de usuario 2351 simple, que puede ser un teclado, un conmutador DIP simple u otro dispositivo, se conecta a una  
 40 unidad de micro-controlador 2350. Las unidades 2305, 2323, 2313, 2321, 2348, 2335, 2343, 2352 y 2350 o bien se conectan a una unidad de oscilador local 2356, o bien obtienen frecuencias de reloj o de referencia a través de una unidad de reloj 2353 del oscilador local 2356. Las frecuencias de reloj de las unidades de acondicionamiento de señal 2318 y 2340 se proporcionan por la unidad de reloj 2353.

40 Aunque muchas unidades funcionales de las unidades de red 1002 y de usuario 2002 no se utilizan en la unidad back-to-back 2302, la operación y la función de muchas de las unidades del amplificador 2302 permanecen fundamentalmente iguales a las descritas para la unidad de red 1002 y la unidad de usuario 2002. En la implementación digital de la unidad de amplificador 2302, los bloques funcionales para la unidad de generador y transmisor 2352 de señal de calibración y la unidad de receptor 2348 de señal de calibración pueden incluirse en la  
 45 unidad de acondicionamiento de señal 2340 para el enlace ascendente, y en la unidad de acondicionamiento de señal 2318 para la operación de enlace descendente. La operación y descripción de las unidades de generador y transmisor de señal de calibración 2352 y 2323, y las unidades receptoras de calibración de señal 2348 y 2305, en el enlace inverso y enlace directo son fundamentalmente similares las descritas para la unidad de red 1002 y unidad de usuario 2002. Debido a que las unidades de antena 2304, 2306, 2328 y 2330 se sitúan en estrecha proximidad, el aislamiento de antena puede proporcionarse mediante antenas sumamente direccionales con un incremento en las  
 50 relaciones de radiación anterior/posterior.

Para la operación de enlace inverso del amplificador 2302, las señales recibidas a través de las unidades de antena 2328 y 2330 pueden ser retransmitidas a través de las unidades de antena 2304 y 2306 a una potencia de señal mayor. Las señales retransmitidas pueden recibirse nuevamente a través de las unidades de antena 2330 y 2328 y se denominan una "señal de retorno de enlace ascendente". El trayecto de retorno de la señal puede causar  
 55 inestabilidad en la operación del amplificador. En la implementación digital de la unidad de amplificador 2302, la magnitud de la señal de retorno, la señal de retorno de enlace ascendente, puede reducirse a través de diversas técnicas de procesamiento de la señal. La selección, configuración, y efectividad de las técnicas de procesamiento de señal dependen de los parámetros y condiciones de operación del sistema. La mayoría de los algoritmos de mitigación de trayectos múltiples también pueden aplicarse para la reducción de la señal de retorno. Sin embargo, debido a las pequeñas latencias de la propagación entre las unidades de antena 2304, 2306 y las unidades de  
 60 antena 2328, 2330, y la limitada resolución temporal del sistema, los algoritmos de mitigación de múltiples trayectos

pueden ser en el mejor de los casos difíciles y costosos para implementarlos en la práctica, y a menudo resultan perjudiciales para la operación del sistema.

Se revela en la presente patente un ejemplo de una nueva técnica de filtrado que evita la dificultad del sistema en la sección de "nuevo filtrado de canal". El nuevo filtrado impone una latencia "deliberada" en la retransmisión de la señal recibida para separar la señal de retorno, denominada señal de retorno de enlace ascendente, de la señal incidente original en los terminadores de salida de las unidades de antena 2328 y 2330. Una latencia de aproximadamente 1  $\mu$ s asegura un tiempo de separación de la señal retransmitida des la señal original recibida y permite la mitigación de la señal re-transmitida. La latencia puede introducirse en la unidad de acondicionamiento de señal 2340 siempre que esté disponible un búfer de datos digitales de suficiente tamaño. La operación de filtrado de canal puede también realizarse mediante la unidad de acondicionamiento de señal 2340 o puede ser realizada mediante un ASIC o FPGA independiente conectado a la unidad de convertidor A/D 2338 y la señal de acondicionamiento de señal 2340. La señal de calibración puede ser utilizada para la estimación de canal después de la convergencia de los pesos  $W_0$  y  $W_1$  de la unidad de peso complejo 2356, de manera que la amplitud y la fase de la respuesta global del canal no incluye el trayecto de retorno pueda ser estimada para permitir el ajuste de las derivaciones del filtro de canal. La introducción de un filtro de canal en el trayecto de la señal también afecta a la operación de la diversidad de antena. A medida que la estimación de canal se realiza, las operaciones de conmutación de antena se sincronizan para eliminar dos de los cuatro posibles trayectos de propagación. La selección de la conmutación de antena se controla mediante una unidad de micro-controlador 2350 de manera que pueda realizarse la estimación de canal para dos trayectos de propagación, y puedan determinarse dos conjuntos de coeficientes del filtro de canal para la operación de filtrado. Por lo tanto, los coeficientes de filtrado relevantes pueden seleccionarse y conmutarse en sincronía y en armonía con la operación de selección de antena. La técnica de filtrado de canal no mitiga por completo la señal de retorno sino que más bien se utiliza para suprimir suficientemente la señal de retorno de manera que es posible cierta ganancia para la operación de amplificación de señal. La "latencia deliberada" puede también ser utilizada conjuntamente con cualquier otro algoritmo de procesamiento de señal conocido para reducir el acoplamiento entre los dos conjuntos de antena 2304, 2306 y 2330, 2328. El enlace directo de la unidad de amplificador 2302 puede modificarse de forma similar para incluir la latencia y el filtrado de canal.

Otras técnicas, tales como el uso de polarización vertical para las unidades de antena 2304, 2306 y polarización horizontal para las antenas 2328, 2330 pueden mejorar adicionalmente el rendimiento del sistema. De forma similar, el rendimiento del sistema puede mejorarse mediante el uso de antenas direccionales como en los sistemas de repetidores y amplificadores convencionales.

El código de identidad único de la unidad 2302 y, de manera opcional, la localización del dispositivo pueden transmitirse a la red celular se utiliza para localizar a un usuario en un entorno de interior, generando una tasa de bits baja fuertemente codificada, protegida que contenga un preámbulo largo conocido, el código de identidad único, y opcionalmente la longitud y latitud de la unidad 2302. La información puede configurarse por impulsos para una fuga espectral baja, y superponerse en la señal de enlace inverso de un canal seleccionado mediante un esquema de modulación apropiado, dentro de la unidad 2302. La elección del esquema de modulación se realiza en base al sistema celular de operación. Por ejemplo, para el sistema global para comunicaciones móviles (GSM), que utiliza una modulación de envolvente constante, tal como la modulación de desplazamiento mínimo gaussiano (GMSK), puede utilizarse modulación de amplitud con bajo índice de modulación. Para los sistemas CDMA con control de potencia de enlace inverso rápido, puede utilizarse la modulación por desplazamiento de fase binaria diferencial (DBPSK) como esquema de modulación. La extracción de la información a partir de la señal de canal recibida en la estación base puede realizarse a través de modificaciones del receptor de la estación base que no afecta a la operación usual del enlace celular.

Un ejemplo de los diagramas de flujo operativos del sistema para la unidad de amplificador que se muestra en las figuras 11 o 12 se muestra en las figuras 17A, 17B. El ejemplo no incluye todas las funcionalidades posibles para la completa operación de la unidad de amplificador 2302 o 2252. Puede considerarse que el ejemplo muestra un flujo de control mínimo para la mayoría de las operaciones básicas de la unidad de amplificador 2302 o 2252. Ante una instrucción de "elevar la potencia", "reinicializar", o "detener", la unidad de amplificador 2302 o 2252 ajusta los pesos  $W_0$  y  $W_1$  de las unidades de peso complejo 2360 y 2356 al valor "inicial" por defecto. Los valores "iniciales" de los pesos permiten una radiación de potencia mínima de las dos antenas conectadas sin fase diferencial alguna entre los dos campos radiados, por ejemplo radiación transversal. Ante instrucciones de "elevar potencia" o "reinicializar" de la unidad de amplificador 2302 o 2252, la unidad de micro-controlador 2350 inicia 2402 el flujo de control de la figura 17A. La unidad de micro-controlador 2350 al receptor de calibración 2348 de enlace inverso para que escanee todos los posibles desplazamientos de código. Si una potencia de señal sustancial transmitida mediante otras unidades que operan dentro de la misma área geográfica es detectada 2406 por la unidad de receptor 2348, las potencias de señal recibidas se almacenan 2408. Si no se detecta ninguna señal sustancial 2410, el micro-controlador 2350 da instrucciones al receptor de calibración 2305 de enlace directo para que escanee 2410 todos los posibles desplazamientos de código. Si se transmite una potencia de señal sustancial por parte de otras unidades que operan dentro de la misma área geográfica y se detecta 2416 por parte de la unidad de receptor 2305, las potencias de señal recibidas se almacenan 2414. Después de que se finaliza la prueba para todos los

desplazamientos de código posibles para los enlaces directo e inverso del sistema, y si detecta 2417 potencia de señal de otras unidades, las señales recibidas para cada desplazamiento se someten a prueba y se selecciona 2412 la potencia de señal mayor. Si la potencia de señal seleccionada se encuentra por encima de un umbral seguro 2418, la unidad 2302 muestra 2419 un mensaje de error y detiene la operación 2422. Si la potencia de señal seleccionada se encuentra por debajo del umbral seguro, la unidad continúa a la acción 2420. Si no se detecta una señal sustancial o las señales detectadas se encuentran por debajo del umbral seguro 2416, el micro-controlador 2350 selecciona 2420 un desplazamiento de código no utilizado para ambas transmisiones de sondeo de canal directa e inversa. El micro-controlador 2350 ajusta 2424 la unidad de amplificador 2302 o 2252 en el modo de "sondeo de canal", los conmutadores de diversidad 2308 y 2326 se mantienen en la actual posición y no conmutados. El micro-controlador 2350 ajusta 2426 los pesos  $W_0$  y  $W_1$  de las unidades de peso complejo 2356 y 2360 al valor "inicial". El micro-controlador 2350 da instrucciones a las unidades de generador y transmisor 2352 y 2323 de señal de calibración para que comience la transmisión 2428 con la fase de "código propio" especificada de forma continua. El micro-controlador 2350 también da instrucciones a la unidad de receptor 2348 de señal de calibración de enlace ascendente para que intente recibir 2430 la señal de sondeo de canal para el desplazamiento de código utilizado por la unidad de transmisor 2352. Si no se detecta ninguna señal de sondeo de canal sustancial con el conjunto de pesos especificado de la unidad de peso complejo 2356 y la ganancia de enlace del sistema de enlace ascendente  $G_{ul}$  es menor que la ganancia 2434 máxima permitida del sistema, el micro-controlador 2350 modifica y emite 2436 nuevos valores de peso de enlace ascendente a la unidad de peso complejo 2356, de tal manera que las unidades de potencia de transmisión de la señal de sondeo de canal de las unidades de antena 2304 y 2306 se incrementa en un tamaño gradual predeterminado  $dG$  a la vez que mantiene fases de pesos relativos  $W_0$  y  $W_1$ . Las acciones 2430, 2432, 2434 y 2436 se repiten hasta que una señal de sondeo de canal sustancial se detecte para un trayecto de enlace ascendente o se logre la ganancia del sistema de enlace ascendente máxima permitida. Si se alcanza la ganancia del sistema de enlace ascendente máxima permitida, los pesos más recientes se mantienen sin cambios 2438 como los pesos más óptimos para una operación normal. Si la ganancia del sistema máxima permitida no se alcanza, y no existe ninguna señal de sondeo de canal sustancial en la salida del receptor 2348 de señal de calibración, se utiliza un algoritmo de convergencia adaptativo tal como la media de mínimos cuadrados (LMS), para modificar adicionalmente los pesos  $W_0$  y  $W_1$ , de tal manera que la potencia de la señal de sondeo de canal se minimiza 2442. Se emiten los nuevos pesos para la unidad de peso complejo 2356 para la transmisión de la señal de sondeo de canal 2444. Si los pesos del enlace ascendente convergen suficientemente, el flujo de control continúa, de otro modo las acciones 2430 a 2446 se repiten. Después de la convergencia con éxito de los pesos  $W_0$  y  $W_1$  de enlace ascendente, el micro-controlador 2350 hace converger los pesos del enlace descendente en las acciones 2448 y 2460 casi de la misma manera que los pesos del enlace ascendente. Después de una convergencia con éxito de los pesos tanto del enlace ascendente como del enlace descendente, el micro-controlador 2350 sale 2462 del modo de sondeo de canal. El micro-controlador 2350 da instrucciones a los receptores 2348 y 2305 de señal de calibración para continuar 2464 recibiendo la señal de sondeo de canal transmitida por las unidades de transmisor 2352 y 2323 de señal de calibración. Si el nivel de potencia de la señal de sondeo de canal media segura se sobrepasa durante una cantidad notable de tiempo 2468 para el trayecto de enlace ascendente o enlace descendente, el micro-controlador 2350 ajusta 2470 los pesos tanto del enlace ascendente como del enlace descendente al valor "Inicial" y regresa 2474 a la acción 2402. Si el nivel de potencia de la señal de sondeo de canal se encuentra dentro del rango esperado, se dan instrucciones a las unidades de receptor de señal de calibración 2348 y 2305 para recibir y detectar 2469 señales de sondeo de canal con todos los otros posibles desplazamientos de código. Si no se detecta ninguna señal de sondeo de canal con un nivel de potencia de señal media sustancial en el enlace ascendente o el enlace descendente, el micro-controlador 2350 regresa 2472 a la acción 2464. La operación de sondeo de canal puede iniciarse de forma regular para asegurar la correcta operación antes de la detección de la señal excesiva ya sea en el enlace ascendente como en el enlace descendente de los trayectos del amplificador 2302, 2252.

#### Ejemplo de filtrado de canal

El ejemplo puede aplicarse al sistema de amplificador para contrarrestar el efecto del bucle de retroalimentación y la señal de retorno de enlace ascendente que pueda existir en el enlace inverso del sistema, y la señal de retorno de enlace descendente que puede existir en el enlace directo del sistema. El "filtrado de canal" para los enlaces directo e inverso es autónomo y puede aplicarse bien a los dos o bien a uno de los enlaces directo o inverso del sistema, y puede ser implementado en la unidad de red 1002, unidad de usuario 2002, o ambas. Un diagrama de bloques simplificado del amplificador con capacidad de filtrado de canal en aislamiento se muestra en la figura 17. Se analiza la operación de enlace inverso por sí sola para la unidad de red 1002 y la unidad de usuario 2002. El filtrado de canal se puede aplicar a todas las implementaciones digitales. En la representación, no se asume ninguna diversidad de antena bien para la unidad de red 2452, que es sustancialmente similar a la 1002 de la figura 9, o bien a la unidad de usuario 2454, que es sustancialmente similar a la 2002 en la figura 10. Las latencias en el procesamiento y la propagación dentro del sistema amplificador pueden ser categorizados como sigue a continuación:

$\tau_{Us}$  = latencia de procesamiento de la unidad de usuario 2454 (relativamente poco significativa).  
 $\tau_{P1}$  = latencia de la propagación de banda sin licencia.

$\tau_{Nrx}$  = latencia de procesamiento del receptor de la unidad de red 2452.

$\tau_{Ntx}$  = latencia de procesamiento del transmisor de la unidad de red 2452 (relativamente poco significativa).

$\tau_d$  = latencia “deliberada” introducida en el trayecto de transmisión de la unidad de red 2452.

$\tau_{P2}$  = latencia de propagación de banda con licencia de la señal de retorno de enlace ascendente.

- 5 Se muestra la respuesta del impulso 2464 global de la unidad de amplificador 2451. El pulso incidente original se introduce desde la antena 2462 (A1) y llega al terminal de entrada del receptor de la unidad de red 2452 después de una latencia de  $\tau_f$ , con el pulso 2468 que se muestra en el que:

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

- 10 El pulso se amplifica y se transmite 2470 después de la latencia de tiempo “deliberada”  $\tau_d$ , de la antena 2456 (marcada como A4 en la figura 17). La señal transmitida se re-introduce en la antena 2462 (A1) después de la latencia de propagación  $\tau_{P2}$  y llega a la entrada del receptor de la unidad de red 2452 después de una latencia de  $\tau_f$ . La latencia global para la señal de retorno de enlace ascendente en la entrada del receptor de la unidad de red 2452 es  $\tau_t$  y es sustancialmente igual a:

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

- 15 El pulso retornado 2472 se retrasa por las latencias del trayecto de propagación  $\tau_{P1}$  y  $\tau_{P2}$ , que puede ser muy pequeña en el entorno de operación del amplificador. La latencia “deliberada” se introduce para separar suficientemente la señal de retorno de enlace ascendente del pulso incidente original, de tal manera que los coeficientes de filtrado pueden ser fácilmente calculados y el filtrado puede realizarse de manera más efectiva. La introducción de otra latencia “deliberada” en el trayecto de transmisión de la unidad de usuario 2454 asegura la separación del pulso transmitido amplificado y de la señal de retorno de enlace ascendente, una condición que puede ser deseable para reducir el efecto de los múltiples trayectos experimentados por el pulso transmitido amplificado en la operación de filtrado de canal.

- 25 En el ejemplo, la unidad de “filtrado de canal” 2512 que se muestra en la figura 18 se sitúa únicamente en el enlace inverso de la unidad de red 1002. El proceso de filtrado de canal implica la estimación de la respuesta del impulso de canal de propagación, incluyendo la amplitud y la fase para todas las latencias de tiempo hasta la latencia de múltiples trayectos máxima esperada. La respuesta del impulso de canal complejo  $C(t, \tau)$  puede proporcionarse por parte de la unidad de receptor 1016 de señal de calibración que se muestra en la figura 9 ya que la información se encuentra fácilmente disponible en la salida de la unidad para el trayecto de enlace inverso del sistema. En base al diseño descrito de la técnica de señal de calibración mostrada en las figuras 13A, 13B, y 13C, la respuesta del impulso de canal proporcionada la unidad de receptor 1016 de señal de calibración no incluye las contribuciones de latencia originadas por la latencia “deliberada” ( $\tau_d$ ) y los componentes  $\tau_{Nrx} + \tau_{Ntx}$ . Mientras  $\tau_{Nrx} + \tau_{Ntx}$  sea lo suficientemente pequeño para ignorarlo, la latencia “deliberada” ( $\tau_d$ ) se añade en la respuesta del impulso general en la unidad de red 1002 para la estimación de los coeficientes de filtrado de canal. De forma similar, si la operación de filtrado de canal también se utiliza para el enlace directo, se utiliza una respuesta del impulso de canal complejo distinta para el enlace. Como resultado, se realiza una técnica de calibración similar a la del enlace inverso en el enlace directo. Un ejemplo de la potencia estimada de la respuesta del impulso de canal  $C(t, \tau)$  2510 en la salida del receptor 1016 de señal de calibración se muestra en las figuras 15A, 15B, y 15C. La respuesta del impulso 2510 es para una latencia máxima de 1  $\mu$ s asumiendo una tasa de chips de código PN de señal de calibración de 5 *Mchips/s* y 2 muestras por chip. En la figura 15A, la  $C(t, \tau)$  2510 tiene tres trayectos de propagación distinguibles sustanciales en las latencias de 0,2 (P1), 0,4 (P2) y 1,0 (P3)  $\mu$ s respectivamente. La latencia de tiempo máxima esperada corresponde a un trayecto de señal de alrededor de 300 metros que es razonable para el rango del amplificador y del entorno operativo. La latencia de tiempo máxima de 1,0  $\mu$ s en combinación con una “latencia deliberada”  $\tau_d$  de 1  $\mu$ s puede ser implementada utilizando un filtro de respuesta finita (FIR) complejo de 21 tomas, con una separación de toma de medio chip para la operación de filtrado de canal.

- 45 La Figura 15A muestra la unidad de filtro de canal 2512. La unidad de filtro de canal 2512 tiene un filtro FIR 2506 de 21 tomas con una latencia de toma de  $D = 0,1 \mu$ s de separación y con coeficientes complejos variables ajustados a los valores que se muestran en la tabla 2508. La salida del filtro FIR 2506 se conecta a una de las entradas de la unidad de sumador 2504 y la entrada de la unidad de filtro FIR 2506 se conecta a la salida de la unidad de sumador 2504. La otra entrada de la unidad de sumador 2504 se conecta al convertidor A/D 2502. En el ejemplo, la unidad de convertidor A/D es la unidad 1046 de la figura 9. El filtro FIR 2506 produce una réplica de la señal recibida en la latencia de tiempo seleccionada, donde el respectivo coeficiente complejo especifica las magnitudes y las fases de la señal de retorno de enlace ascendente para “borrar” los componentes entrantes de la señal de retorno primero (P1), segundo (P2) y tercero (P3). El filtro FIR 2506 puede ser implementado mediante una matriz de puerta

programable in situ (FPGA), circuitos integrados de aplicación específica (ASIC) o por la unidad de acondicionamiento de señal 1048 de la figura 9. Los procesos de estimación de canal  $C(t, \tau)$  y de actualización de los coeficientes de filtro del filtro FIR 2506, se realizan de forma continua con una tasa de actualización que depende del tiempo de coherencia del canal. Para el ejemplo, puede asumirse un valor de 100 ms ya que los canales en interiores muestran gran tiempo de coherencia. Otros modos de realización pueden incluir un algoritmo adaptativo tal como la media de mínimos cuadrados normalizada (NLMS) y mínimos cuadrados recursivos (RSL), que convergen en la señal de calibración recibida en la unidad de red 1002 para calcular los coeficientes de filtro de forma continua.

#### Amplificador con conexión por cable

La Figura 17 muestra un ejemplo de una implementación analógica de la unidad de red 600 que utiliza un cable de transmisión como el medio físico para la comunicación con la unidad de usuario 4000, mostrada como la unidad 702 en la figura 6. La unidad de red 602 mostrada en la figura 5 se modifica en forma de la unidad 3005 que se muestra en la figura 16 para transmitir y recibir señales de la unidad de usuario 4005 por un cable configurado para 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 usuario 4005 mostrada en la figura 17 es una versión modificada de la unidad de usuario 702 mostrada en la figura 6. La unidad de interfaz de cable 3020 comprende una unidad de interfaz en línea 3160 que se conecta al cable de transmisión/recepción 3170 y a los combinadores híbridos 3140 en el enlace directo y 3150 en el enlace inverso de la sub-unidad de red 3010. La unidad de interfaz en línea 3160 realiza carga adaptada para la conexión a una línea de transmisión 3170 e incluye otros componentes apropiados tales como amplificadores, convertidores de modulación y de frecuencia con funcionalidad modem para una transmisión fiable por la línea de transmisión 3170. El diseño de la unidad de interfaz en línea 3160 depende de las características de la línea de transmisión 3170. Por ejemplo, las líneas de energía o las líneas telefónicas en edificios pueden ser utilizadas como una línea de transmisión 3170 como en un HomePNA (del inglés "Home Phoneline Networking Alliance") y una red doméstica, donde la unidad de interfaz de la línea 3160 se diseña para una transmisión de ese tipo. El combinador híbrido o acoplador direccional 3140 puede utilizarse para combinar la señal del enlace de control 3110 con la señal del enlace directo. De otro modo, las líneas de salida de la unidad de acoplador direccional 3040 y la unidad de enlace de control 3110 pueden desconectarse directamente a la unidad de interfaz de la línea 3160, donde las señales se modulan en portadoras adyacentes para una transmisión simultánea a la unidad de usuario 4005. El combinador híbrido o el acoplador direccional 3150 se utilizan para extraer suficiente señal para la recepción y detección de la señal recibida de enlace de control 3110. En otro modo de realización, las líneas de entrada a la unidad de acoplador direccional 3130 y la unidad de enlace de control 3110 pueden conectarse a la unidad de la interfaz en línea 3160 si las señales de datos y de control se modulan en portadoras adyacentes para la transmisión simultánea desde la unidad de usuario 4005. Los combinadores híbridos pueden utilizarse en lugar de los acopladores direccionales 3040, 3130 y 3085. El amplificador LNA interno del receptor de la unidad de red de enlace inverso puede situarse antes del acoplador direccional 3130 o del reemplazo del combinador híbrido, en la figura 16.

La operación de las unidades 3015, 3030, 3050, 3120, 3110, 3060, 3100, 3105, 3070, 3074, 3078, 3080, 3085, 3040, 3130, 3072, 3092, 3094, y 3090 en la figura 16 es similar a la de las unidades 640, 624, 604, 620, 628, 606, 626, 627, 614, 610, 608, 612, 618, 630, 616, 613, 646, 648, y 622 respectivamente, tal como se trata en la descripción de 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.

La figura 16 muestra un ejemplo de implementación analógica de la unidad de usuario 702 (figura 6) que utiliza 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 que se muestra en la figura 6 se modifica en forma de la unidad 4005 en la figura 17 para transmitir y recibir las señales de la unidad de red 3005 por un cable capaz de soportar el ancho de banda de operación y las frecuencias de las señales de las unidades de red 3005 y de usuario 4005. La unidad de red 3005 es una versión modificada de la unidad de red 602 que se muestra en figura 5. La unidad de interfaz por cable 4020 comprende una unidad de interfaz en línea 4150 que se conecta al cable de transmisión/ recepción 4160 y a 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 en línea 4150 realiza carga adaptada para la conexión a una línea de transmisión 4160. Otros componentes tales como los amplificadores, convertidores de modulación y de frecuencia con funcionalidades modem pueden ser utilizados para permitir una transmisión fiable por la línea de transmisión 4160. El diseño de la unidad de interfaz 4150 depende de las características de la línea de transmisión 4160. Por ejemplo, incluso las líneas de energía o las líneas telefónicas en edificios pueden ser utilizadas como una línea de transmisión 4160 como en un HomePNA y una red doméstica, donde la unidad de interfaz de la línea 4150 se diseña para una transmisión de ese tipo. El combinador híbrido, mezclador, o acoplador direccional 4140 se utiliza para combinar la señal del enlace de control 4120 con la señal del enlace directo. El combinador híbrido o duplexor 4130 se utiliza para extraer suficiente señal para la recepción y detección de la señal recibida de enlace de control 4120. Los combinadores híbridos pueden también utilizarse en lugar de los acopladores direccionales 4110. En algunos modos de realización, el amplificador LNA interno de la unidad de red 4080 de enlace directo puede situarse antes del acoplador direccional 4110 o del reemplazo del combinador híbrido, en la figura 17.

La operación de las unidades 4015, 4030, 4040, 4050, 4070, 4075, 4080, 4090, 4100, 4110, 4060, 4062, 4152, 4154, 4128, 4126, 4124, 4122, y 4120 en la figura 17 es similar a la de las unidades 722, 734, 736, 732, 728, 721, 724, 726, 716, 718, 754, 756, 745, 748, 746, 744, 742, 740, y 720 respectivamente, tal como se trata con respecto a la figura 6. En la unidad de usuario modificada 4005, el acoplador direccional 4110 (718 en la figura 6) se conecta al combinador híbrido 4130, y la unidad de usuario de enlace inverso 4090 (726 en la figura 6) se conecta al combinador híbrido 4140.

La operación de la unidad de red 3010 es similar a la operación de la unidad de red 602, y la operación de la unidad de usuario 4010 es similar a la operación de la unidad de usuario 702.

La descripción del flujo de control proporcionado para las figuras 7A, 7B, 7C, 7D, 8A, 8B, 8C, y 8D puede también utilizarse para la implementación digital de la unidad de red 3005 y la unidad de usuario 4005, descrita en referencia a las figuras 16 y 17.

La Figura 18 muestra un ejemplo de la implementación digital de la unidad de red 5005 (1002 en la figura 9), que utiliza un cable de transmisión como medio físico para la comunicación con la unidad de usuario 6005 (2002 en la figura 10). La unidad de red 1002 mostrada en la figura 9 se modifica en forma de la unidad 5005 que se muestra en la figura 18 para transmitir y recibir señales de la unidad de usuario 6005, que se muestra en la figura 19, 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 5005 y usuario 6005. La unidad de usuario 6005 es una versión modificada de la unidad de usuario 2002 mostrada en la figura 10. La unidad de interfaz 5020 de cable modificada comprende una unidad de interfaz en línea 5220, que se conecta al cable de transmisión/recepción 5210 y a la unidad de modem en línea 5250.

La unidad de interfaz en línea 5220 y la unidad de modem en línea 5250 realizan carga adaptada para la conexión a la línea de transmisión 5210. Pueden incluirse otros componentes adecuados tales como amplificadores, y convertidores de modulación y frecuencia para permitir una transmisión fiable a través de la línea de transmisión 5210. El diseño de la unidad de interfaz en línea 5220 depende de las características de la línea de transmisión 5210. Por ejemplo, incluso las líneas de energía o las líneas telefónicas en edificios pueden ser utilizadas como una línea de transmisión 5210, como en una aplicación HomePNA, donde la unidad de interfaz de la línea 5220 se diseña para una transmisión de ese tipo. La unidad de modem en línea 5250 puede utilizarse para la modulación y demodulación A/D, D/A y todas las demás funcionalidades del modem para la transmisión de la señal generada por la unidad 5010 y la recepción de la señal generada por la unidad 6010. Además, el diseño de la unidad de modem 5250 puede implementarse por ejemplo tecnologías tales como homePNA y redes domésticas. La unidad de modem en línea 5250 se conecta a la unidad de multiplexor de datos 5260 y a la unidad de demultiplexor 5270. La unidad de modem 5250 puede implementarse en tecnología analógica, digital, o híbrida. En el ejemplo ilustrativo, la unidad de modem 5250 se implementa en el dominio digital.

La unidad de multiplexor de datos 5260 se conecta a la unidad de acondicionamiento de señal 5110 y a la unidad de enlace de control 5145, y se utiliza para la multiplexación de muestras de control generadas por la unidad de enlace de control 5145 y las muestras de señales generadas por la unidad de acondicionamiento de señal 5110. La unidad de multiplexor 5260 puede integrarse dentro de la unidad de acondicionamiento de la señal 5110. De otro modo, las líneas de salida de la unidad de acondicionamiento de señal 5110 y la unidad de enlace de control 5140 pueden conectarse independientemente a la unidad de modem en línea 5250 y modularse en portadoras adyacentes para la transmisión simultánea a la unidad de usuario 6005.

La unidad de demultiplexor de datos 5270 se conecta además a la unidad de acondicionamiento de señal 5130 y a la unidad de enlace de control 5145, y se utiliza para la demultiplexación de muestras de control recibidas y las señales generadas por la unidad de usuario 6005. La unidad de demultiplexor 5270 puede integrarse dentro de la unidad de acondicionamiento de señal 5130. De otro modo, la línea de entrada a la unidad de acondicionamiento de señal 5130 y la unidad de enlace de control 5145 pueden conectarse independientemente a la unidad de modem en línea 5250 si las señales de control y de datos se modulan en portadoras adyacentes para la transmisión simultánea por parte de la unidad de usuario 6005.

En la unidad de red 5005, la unidad de receptor de la señal de calibración (1016 en la figura 9) ya no se implementa de forma independiente. No hay ningún trayecto de señal analógica disponible en el enlace inverso de la unidad de red 5005, de manera que la unidad de receptor de señal de calibración (1016 en la figura 9) se integra y opera en la unidad de acondicionamiento de señal 5130.

La operación de las unidades 5110, 5120, 5130, 5140, 5141, 5145, 5386, 5100, 5150, 5090, 5160, 5080, 5170, 5070, 5180, 5190, 5060, 5050, 5040, 5082, 5060, 5064, y 5030 en la figura 18 es similar a la de las unidades 1022, 1024, 1048, 1060, 1061, 1062, 1070, 1020, 1050, 1018, 1052, 1014, 1054, 1012, 1056, 1058, 1010, 1008, 1004, 1007, 1010, 1072, y 1006 respectivamente, como se discute para la figura 9.

La Figura 19 muestra un ejemplo de una implementación digital de la unidad de usuario 6005 (2002 en la figura 10) que utiliza un cable de transmisión como medio físico para la comunicación con la unidad de red 5005 (1002 en la figura 9). La unidad de usuario 2002 mostrada en la figura 10 se modifica en forma de la unidad 6005, mostrada en la figura 19 para transmitir y recibir señales de la unidad de red 5005, que es una versión modificada de la unidad de red 1002 mostrada en la figura 9, a través de un cable capaz de soportar el ancho de banda de operación y las frecuencias de las señales de las unidades de red 5005 y usuario 6005. La unidad de interfaz de cable 6020 modificada comprende una unidad de interfaz en línea 6230 que se conecta al cable 6240 de transmisión/recepción y a la unidad de modem en línea 6220.

La unidad de interfaz en línea 6230 y la unidad de modem en línea 6220 realizan una carga adaptada para la conexión a la línea de transmisión 6240. Otros componentes tales como amplificadores, convertidores de modulación y de frecuencia pueden incluirse para una transmisión fiable a través de la línea de transmisión 6240. El diseño de la unidad de interfaz en línea 6230 depende de las características de la línea de transmisión 6240. Por ejemplo, incluso las líneas de energía o las líneas telefónicas en edificios pueden ser utilizadas como una línea de transmisión 6240 como en una operación con HomePNA donde la unidad de interfaz de la línea 6230 se diseña de acuerdo a ello. La unidad de modem en línea 6220 puede utilizarse para la modulación y demodulación A/D, D/A y otras funcionalidades para la transmisión de la señal generada por la unidad 6010 y la recepción de la señal generada por la unidad 5005. El diseño de la unidad de modem 6220 puede implementarse en diversas tecnologías tales como por ejemplo homePNA y redes domésticas. La unidad de modem en línea 6220 se conecta a la unidad de multiplexor de datos 6200 y a la unidad de demultiplexor 6210. La unidad de modem 6220 puede implementarse en tecnología analógica, digital, o híbrida. En el ejemplo ilustrativo, se asume que la unidad de modem 6220 se implementa en el dominio digital.

La unidad de multiplexor de datos 6210 se conecta además a la unidad de acondicionamiento de señal 6140 y a la unidad de enlace de control 6150, y se utiliza para la multiplexación de muestras de control generadas por la unidad de enlace de control 6150 y las muestras de señales generadas por la unidad de acondicionamiento de señal 6140. La unidad de multiplexor 6210 puede integrarse dentro de la unidad de acondicionamiento de la señal 6140. De otro modo, las líneas de salida de la unidad de acondicionamiento de señal 6140 y la unidad de enlace de control 6150 pueden conectarse independientemente a la unidad de modem en línea 6220 y modularse en portadoras adyacentes para la transmisión simultánea a la unidad de red 5005.

La unidad de demultiplexor de datos 6200 se conecta además a la unidad de acondicionamiento de señal 6100 y a la unidad de enlace de control 6150, y puede utilizarse para la demultiplexación de muestras de control recibidas y las señales generadas por la unidad de red 5005. La unidad de demultiplexor 6200 puede integrarse dentro de la unidad de acondicionamiento de señal 6100. De otro modo, la línea de entrada a la unidad de acondicionamiento de señal 6100 y la unidad de enlace de control 6150 pueden conectarse independientemente a la unidad de modem en línea 6220 si las señales de control y de datos se modulan en portadoras adyacentes para la transmisión simultánea por parte de la unidad de red 5005.

La operación de las unidades 6150, 6100, 6110, 6140, 6155, 6151, 6120, 6130, 6090, 6160, 6170, 6080, 6180, 6070, 6190, 6060, 6050, 6030, 6062, 6064, 6056, 6068, 6072, y 6040 en la figura 19 es similar a la de las unidades 2056, 2020, 2022, 2046, 2054, 2055, 2021, 2023, 2024, 2044, 2042, 2026, 2040, 2028, 2038, 2030, 2032, 2034, 2031, 2072, 2070, 2027, 2025, y 2036 respectivamente, tal como se trata en la descripción de la figura 10.

La descripción del flujo de control proporcionado para las figuras 7A, 7B, 7C, 7D, 8A, 8B, 8C, y 8D puede también utilizarse para la implementación digital de la unidad de red 5005 y la unidad de usuario 6005, que se trata anteriormente en las figuras 18 y 19.

La operación de la unidad de red 5010 es similar a la operación de la unidad de red 1002 y la operación de la unidad de usuario 6010 es similar a la operación de la unidad de usuario 2002.

#### APÉNDICE A: Estimación del canal mediante inversión de una matriz

La mayoría de los sistemas de comunicaciones digitales utilizan un tipo de estimación de canal. La estimación del canal se utiliza en base a una secuencia transmitida conocida, denominada "preámbulo" o "midámbulo" o "secuencia de entrenamiento" entre otros nombres. La secuencia conocida se utiliza para la estimación del canal, ya que diversos algoritmos utilizan el conocimiento a priori para calcular los parámetros complejos y características del canal de propagación. Dos dominios de procesamiento de señal básicos se utilizan fundamentalmente para la estimación del canal que incluyen (1) una aproximación de dominio del tiempo, y (2) una aproximación de dominio de la frecuencia. El dominio del tiempo incluye muchos algoritmos, muy particularmente algoritmos "basados en correlación" y "de inversión de una matriz". Aunque que se utiliza frecuentemente la estimación de canal basada en correlación, principalmente debido a su sencillez y baja demanda de computación, la estimación del canal por inversión de una matriz produce un mejor rendimiento a un coste de computación mayor. Los algoritmos de estimación del canal por "inversión de una matriz" pueden por lo demás utilizarse.

Los coeficientes de la respuesta del impulso complejo de un canal de propagación de longitud  $n$  pueden calcularse utilizando una única secuencia transmitida que utiliza muestras de código PN conocido de longitud  $s$ , donde  $s > n$ . Los coeficientes de canal invariables en el tiempo pueden ser representados por la matriz  $H$  dada como:

$$H^T = [h_1 \ h_2 \ \dots \ h_n]$$

5 y la secuencia de PN transmitida como  $M$  dada por:

$$M^T = [m_1 \ m_2 \ \dots \ m_s]$$

Todas las muestras  $s$  del código no se necesitan para la operación de sondeo de canal. La convolución entre los coeficientes del canal y la secuencia transmitida produce la señal recibida  $e$ , dada por:

$$\begin{aligned} e_1 &= m_n \cdot h_1 + \dots + m_2 \cdot h_{n-1} + m_1 \cdot h_n \\ e_2 &= m_{n+1} \cdot h_1 + \dots + m_3 \cdot h_{n-1} + m_2 \cdot h_n \\ &\cdot \\ &\cdot \\ &\cdot \\ e_k &= m_{k+n} \cdot h_1 + \dots + m_{k+1} \cdot h_{n-1} + m_k \cdot h_n \end{aligned}$$

10 donde  $t$  indica tiempo y  $k$  es la longitud de estimación máxima requerida, y se asume una relación  $s > k+n$ .

El anterior grupo de ecuaciones, que representan  $e_t$ , puede mostrarse en notación matricial como lo siguiente:

$$E = V \cdot H$$

donde las muestras recibidas,  $E$ , pueden representarse como:

$$E^T = [e_1 \ e_2 \ \dots \ e_k]$$

15 y:

$$V = \begin{bmatrix} m_n & m_{n-1} & \dots & m_1 \\ m_{n+1} & m_n & \dots & m_2 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ m_{k+n} & m_{k+n-1} & \dots & m_k \end{bmatrix}$$

La respuesta del impulso de canal complejo puede calcularse mediante inversión de matriz de la matriz  $V$  tal como se muestra a continuación:

$$I \cdot H = V^{-1} \cdot E$$

20 donde  $I$  es una matriz de identidad con dimensiones  $n \times n$ . Si  $k = n$ , los valores únicos de la respuesta del impulso del canal puede calcularse utilizando la aproximación por inversión de matriz anterior. La matriz  $V$  puede ser precalculada y almacenada en la memoria, de manera que se evita la alta complejidad computacional.

**REIVINDICACIONES**

1. Repetidor (200, 300) que hace de mediador del tráfico entre un transceptor de red (213, 302) y un transceptor de usuario (214, 324) en un sistema de comunicaciones inalámbrico, donde el repetidor comprende:

una unidad de red (201, 326, 502, 602) que mantiene un enlace de red con el transceptor de red;

5 una unidad de usuario (202, 328, 504, 604) que mantiene un enlace de usuario con el transceptor de usuario;

10 una vía de comunicación bidireccional entre la unidad de red y la unidad de usuario adaptada para facilitar la comunicación de señales entre el transceptor de red y el transceptor de usuario en saltos del repetidor autónomo 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;

15 conformadores de haz acoplados respectivamente a la unidad de red y a la unidad de usuario y adaptados para comunicar señales en una banda de frecuencia de operación y para adaptar el aislamiento de radiofrecuencia entre la unidad de red y la unidad de usuario para permitir que la máxima potencia radiada aparente sea transmitida entre las antenas en la unidad de red y la unidad de usuario, en donde los conformadores de haz comprenden antenas direccionales y utilizan técnicas de procesamiento espacial y temporal adaptativas avanzadas para el aislamiento mutuo de la comunicación de la señal entre la unidad de red y la unidad de usuario en una banda de frecuencia de operación de los transceptores de red y de usuario; y

un enlace de control entre las antenas en la unidad de red y la unidad de usuario;

20 en donde la unidad de red y la unidad de usuario comprende cada una:

una unidad de generador/transmisor de señal de calibración (622, 744);

una unidad de receptor de señal de calibración (620, 742);

una unidad de peso complejo (648, 748) configurada para transmitir pesos a ser utilizados en la otra unidad respectiva;

25 y

30 una unidad de micro-controlador (626, 728) que está configurada para utilizar una respuesta del impulso de canal complejo en la salida de la unidad de receptor de señal de calibración; para computar valores óptimos de pesos de transmisión complejos de tal manera que la respuesta del impulso de canal complejo en la salida de la unidad de receptor de señal de calibración se reduzca o minimice; y para ajustar los valores óptimos de los pesos de transmisión complejos en la otra unidad respectiva.

2. Repetidor según la reivindicación 1 en donde:

los conformadores de haz se adaptan para controlar la potencia radiada aparente para aumentar el área de cobertura de la unidad de usuario.

35 3. Repetidor según la reivindicación 1 en donde:

los conformadores de haz se adaptan para controlar la potencia radiada aparente para mejorar la calidad del enlace la unidad de red.

4. Repetidor según la reivindicación 1 que además comprende:

40 antenas de transmisión acopladas a los conformadores de haz, en donde las antenas de transmisión operan en la frecuencia de operación del transceptor de red y de usuario y los conformadores de haz controlan la potencia radiada aparente de la unidad de red y la unidad de usuario para aumentar el área de cobertura de la unidad de usuario.

5. Repetidor según la reivindicación 1 que además comprende:

antenas receptoras respectivamente acopladas a los conformadores de haz, en donde las antenas receptoras operan en la frecuencia de operación del transceptor de red y de usuario y los conformadores de haz controlan los patrones de radiación de la antena de la unidad de red y de la unidad de usuario para aumentar el área de cobertura de la unidad de usuario.

5 6. Repetidor según la reivindicación 1 en donde:

el salto del repetidor autónomo entre la unidad de red y la unidad de usuario se sintoniza para operar en la banda de frecuencia seleccionada de un grupo que consiste en una banda de frecuencia en el espectro de Infraestructura de Información Nacional sin Licencia (U-NII), una banda de frecuencia en el espectro de servicios de comunicaciones personales sin licencia (U-PCS), en la banda de frecuencia del espectro de las áreas industrial, científica y médica (ISM), y cualquier banda de frecuencia sin licencia.

10

7. Repetidor según la reivindicación 1 que además comprende:

un controlador de ganancia que compensa las pérdidas de propagación entre la unidad de red y la unidad de usuario solamente.

8. Repetidor según la reivindicación 1 que además comprende:

15 un controlador de ganancia que compensa al menos las pérdidas de propagación entre la unidad de red y la unidad de usuario solamente.

9. Repetidor según la reivindicación 1 que además comprende:

la unidad de red configurada para ser situada exterior a una estructura;

la unidad de usuario configurada para ser situada en el interior de una estructura; y

20

un controlador de ganancia que compensa las pérdidas de propagación en interior-exterior solamente.

10. Repetidor según la reivindicación 1 en donde:

el salto del repetidor autónomo entre la unidad de red y la unidad de usuario en la vía de comunicación se comunica en una señal portadora que es independiente de las señales comunicadas entre el repetidor y los transceptores de red y de usuario.

25

11. Repetidor según la reivindicación 1 en donde:

el salto del repetidor autónomo entre la unidad de red y la unidad de usuario en la vía de comunicación se comunica en una frecuencia portadora que es independiente de las señales comunicadas entre el repetidor y los transceptores de red y de usuario.

12. Repetidor según la reivindicación 1 en donde:

30

el salto del repetidor autónomo entre la unidad de red y la unidad de usuario en la vía de comunicación se comunica con una forma de onda de la señal que es independiente de la forma de onda de las señales comunicadas entre el repetidor y los transceptores de red y de usuario.

13. Repetidor según la reivindicación 1 que además comprende:

35

datos y/o enlaces de control inalámbricos dedicados en la vía de comunicación entre la unidad de red y la unidad de usuario que opera en bandas de frecuencia sin licencia.

14. Repetidor según la reivindicación 1 que además comprende:

datos propietarios y/o enlaces de control inalámbricos dedicados en la vía de comunicación entre la unidad de red y la unidad de usuario que opera en bandas de frecuencia sin licencia.

15. Repetidor según la reivindicación 1 que además comprende:

datos y/o enlaces de control inalámbricos dedicados en la vía de comunicación entre la unidad de red y la unidad de usuario basados en un estándar inalámbrico.

16. Repetidor según la reivindicación 1 que además comprende:

5 datos y/o enlaces de control inalámbricos dedicados en la vía de comunicación entre la unidad de red y la unidad de usuario con control de potencia para su operación a una potencia de transmisión reducida.

17. Repetidor según la reivindicación 1 que además comprende:

datos y/o enlaces de control por cable dedicados en la vía de comunicación entre la unidad de red y la unidad de usuario seleccionados de entre los enlaces en un grupo que consiste en cables eléctricos, líneas telefónicas, y cables coaxiales.

10 18. Repetidor según la reivindicación 1 que además comprende:

datos y/o enlaces de control por cable dedicados en la vía de comunicación entre la unidad de red y la unidad de usuario basada en un estándar de línea por cable.

19. Repetidor según la reivindicación 1 que además comprende:

15 un enlace de control de dentro de banda o de fuera de banda en la vía de comunicación entre la unidad de red y la unidad de usuario.

20. Repetidor según la reivindicación 1 que además comprende:

un enlace de control inalámbrico en la vía de comunicación entre la unidad de red y la unidad de usuario seleccionado de entre un grupo que consiste en Bluetooth, cualquier estándar basado en el estándar 802.11, y otros estándares inalámbricos.

20 21. Repetidor según la reivindicación 1 que además comprende:

un enlace de control por cable o inalámbrico dedicado en la vía de comunicación entre la unidad de red y la unidad de usuario basado en tonos de frecuencia.

22. Repetidor según la reivindicación 1 en donde la unidad de red y/o la unidad de usuario además comprende:

un par de antenas; y

25 un conmutador conectado al par de antenas que realiza operaciones de conmutación que permiten diversidad de antena conmutada en todos o algunos saltos del repetidor y enlaces de comunicaciones.

23. Repetidor según la reivindicación 1 que además comprende:

osciladores locales en la unidad de red y la unidad de usuario; y

30 un enlace de control y/o de datos en la vía de comunicación de la unidad de red a la unidad de usuario que porta una señal de sincronización para sincronizar mutuamente los osciladores locales.

24. Repetidor según la reivindicación 1 que además comprende:

osciladores locales en la unidad de red y la unidad de usuario que se sincronizan utilizando oscilaciones de señal de la red eléctrica para sincronizar mutuamente los osciladores locales.

25. Repetidor según la reivindicación 1 en donde:

35 a la unidad de red y a la unidad de usuario se les asigna números de identificación únicos.

26. Repetidor según la reivindicación 1 que además comprende:

una unidad de frecuencia de referencia e identificación que genera una señal de modulación por desplazamiento de fase binaria (BPSK), modulada mediante el número de identificación, modula la señal en

una parte adecuada de la banda del espectro de operación sin licencia, y acopla la señal en el trayecto de un transmisor de un enlace directo de la unidad de red.

27. Repetidor según la reivindicación 1 que además comprende:

5 Una unidad de identificación y localización que modula la información de identificación y localización en una forma de onda de comunicación de enlace inverso mediante modulación de tasa de bits baja codificada, donde la modulación es la modulación de la amplitud o modulación por desplazamiento de fase binaria diferencial (DBPSK).

28. Repetidor según la reivindicación 1 en donde:

10 el generador/transmisor de señal de calibración genera una señal de espectro ensanchado para la generación de una respuesta del impulso de canal complejo.

29. Repetidor según la reivindicación 1 en donde:

el generador/transmisor de señal de calibración genera una señal de espectro ensanchado para la generación de una respuesta del impulso de canal complejo, utilizando una técnica de generación de códigos de una o más técnicas de entre un grupo que consiste en:

15 generar formas de onda de espectro ensanchado mediante código pseudoaleatorio, Gold, u otros códigos conocidos a priori para todas las unidades;

generar fase de códigos de un código conocido para identificar de forma única todas las unidades de usuario y todas las unidades de red;

asignar códigos o fases de códigos mediante estrategias de asignación dinámica;

20 utilizar más de un código para la generación de respuesta del impulso de canal complejo;

utilizar más de una fase de código para la generación de respuesta del impulso de canal complejo;

modular la señal de espectro ensanchado mediante el identificador de unidad; y

generar la frecuencia de onda de espectro ensanchado en la banda celular de operación o en una banda sin licencia.

25 30. Repetidor según la reivindicación 29 en donde:

el receptor de señal de calibración genera la respuesta del impulso de canal complejo utilizando correlación.

31. Repetidor según la reivindicación 29 en donde:

el receptor de señal de calibración genera la respuesta del impulso de canal complejo utilizando inversión de una matriz.

30 32. Repetidor según la reivindicación 1 en donde:

el receptor de señal de calibración genera la respuesta del impulso de canal complejo utilizando correlación.

33. Repetidor según la reivindicación 1 en donde:

el receptor de señal de calibración genera la respuesta del impulso de canal complejo utilizando inversión de una matriz.

35 34. Repetidor según la reivindicación 1 que además comprende:

al menos un amplificador que amplifica una señal deseada introduciéndose en el repetidor en una parte o en todo el espectro de señal asignado.

35. Repetidor según la reivindicación 1 que además comprende:

la vía de comunicación entre la unidad de red y la unidad de usuario con una banda de operación que se determina utilizando una técnica seleccionada de uno o más de un grupo que consiste en preseleccionar la banda de operación, seleccionar manualmente la banda de operación, y seleccionar de forma automática la banda de operación en base a las señales detectadas.

5 36. Repetidor según la reivindicación 1 que además comprende:

10 al menos un amplificador que amplifica una señal deseada introduciéndose en el repetidor, en donde la señal procede de sistemas inalámbricos seleccionados de uno o más de un grupo que consiste en el Sistema Global para Comunicaciones Móviles (GSM) y todos los sistemas derivados del mismo, cdma2000 (acceso múltiple por división de códigos), Acceso Múltiple por División de Código de banda ancha (WCDMA), y cualquier otro estándar, y sistemas que operen en bandas celulares o inalámbricas, además del Sistema de Posicionamiento Global (GPS).

37. Repetidor según la reivindicación 1 que además comprende:

antenas direccionales capaces del aislamiento mutuo de la unidad de red y la unidad de usuario que operan en la banda de frecuencia de la señal amplificada.

15 38. Repetidor según la reivindicación 1 que además comprende:

un cancelador de eco en cada una de las unidades de red y de usuario, que aísla mutuamente la unidad de red y la unidad de usuario y opera en una banda de frecuencia de una señal amplificada.

39. Repetidor según la reivindicación 1 que además comprende:

20 un cancelador de eco en cada una de las unidades de red y de usuario, que inserta una latencia en el trayecto de las señales amplificadas.

40. Repetidor según la reivindicación 1 que además comprende:

un cancelador de eco en cada una de las unidades de red y de usuario, que inserta una latencia en el trayecto de la señal, donde la latencia se selecciona de un grupo que consiste en una latencia deliberada en la unidad de usuario, y una latencia deliberada tanto en la unidad de red como en la unidad de usuario.

25 41. Repetidor según la reivindicación 1 que además comprende:

una vía de enlace inverso en la vía de comunicación entre la unidad de red y la unidad de usuario, y el enlace inverso entre la unidad de red y el transceptor de red se controlan en base a la presencia de una señal para reducir la interferencia y el consumo de potencia.

42. Repetidor según la reivindicación 1 en donde:

30 la unidad de red se configura para operar con una pluralidad de unidades de usuario.

43. Repetidor según la reivindicación 1 en donde:

la unidad de red y la unidad de usuario están unidas y configuradas mecánicamente back-to-back en un único alojamiento.

44. Repetidor según la reivindicación 1 en donde:

35 el repetidor opera en una banda de frecuencia sin licencia y es capaz de seleccionar una banda de operación en una frecuencia que no interfiere con otros dispositivos que operan en la banda de frecuencia sin licencia.

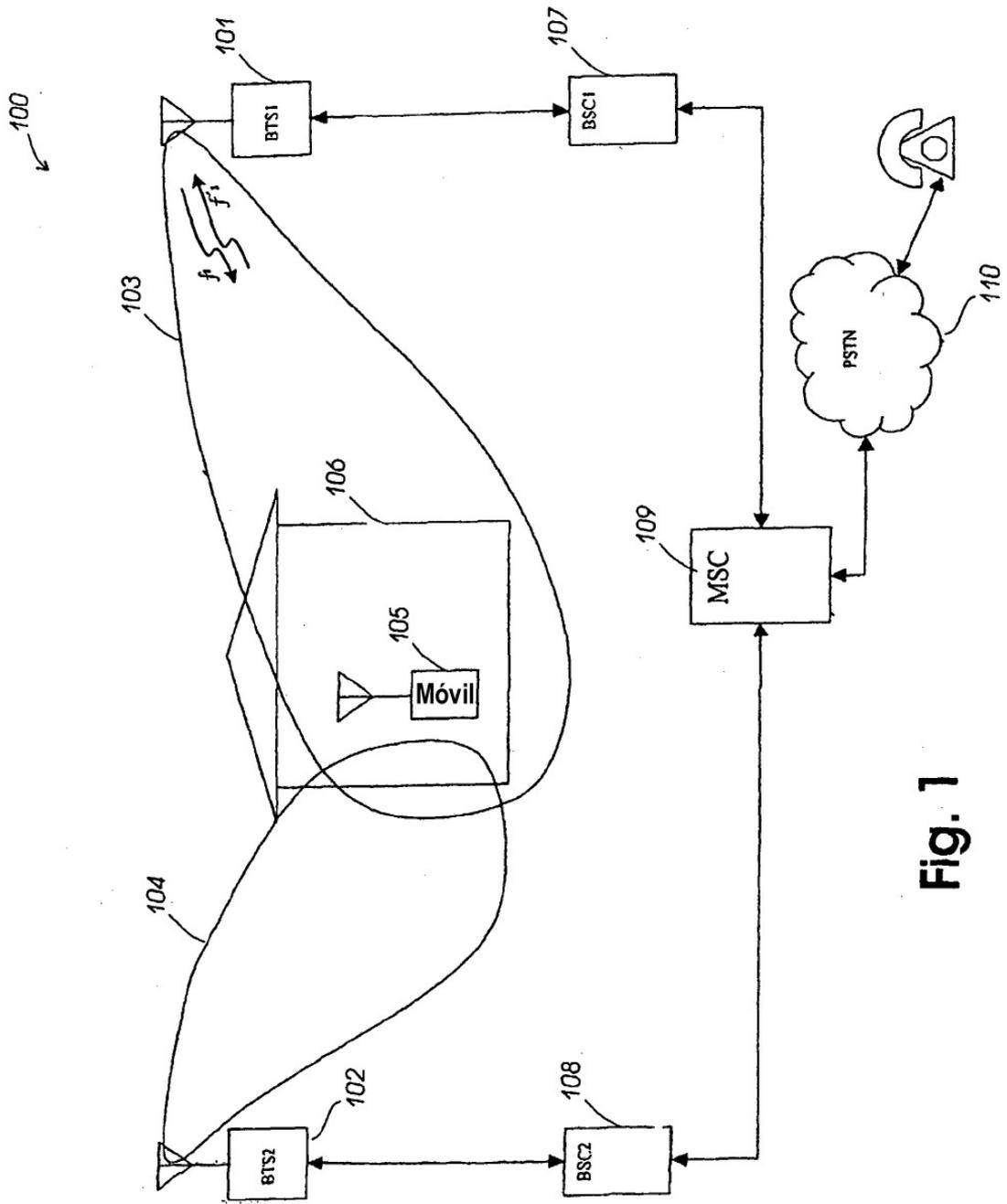


Fig. 1

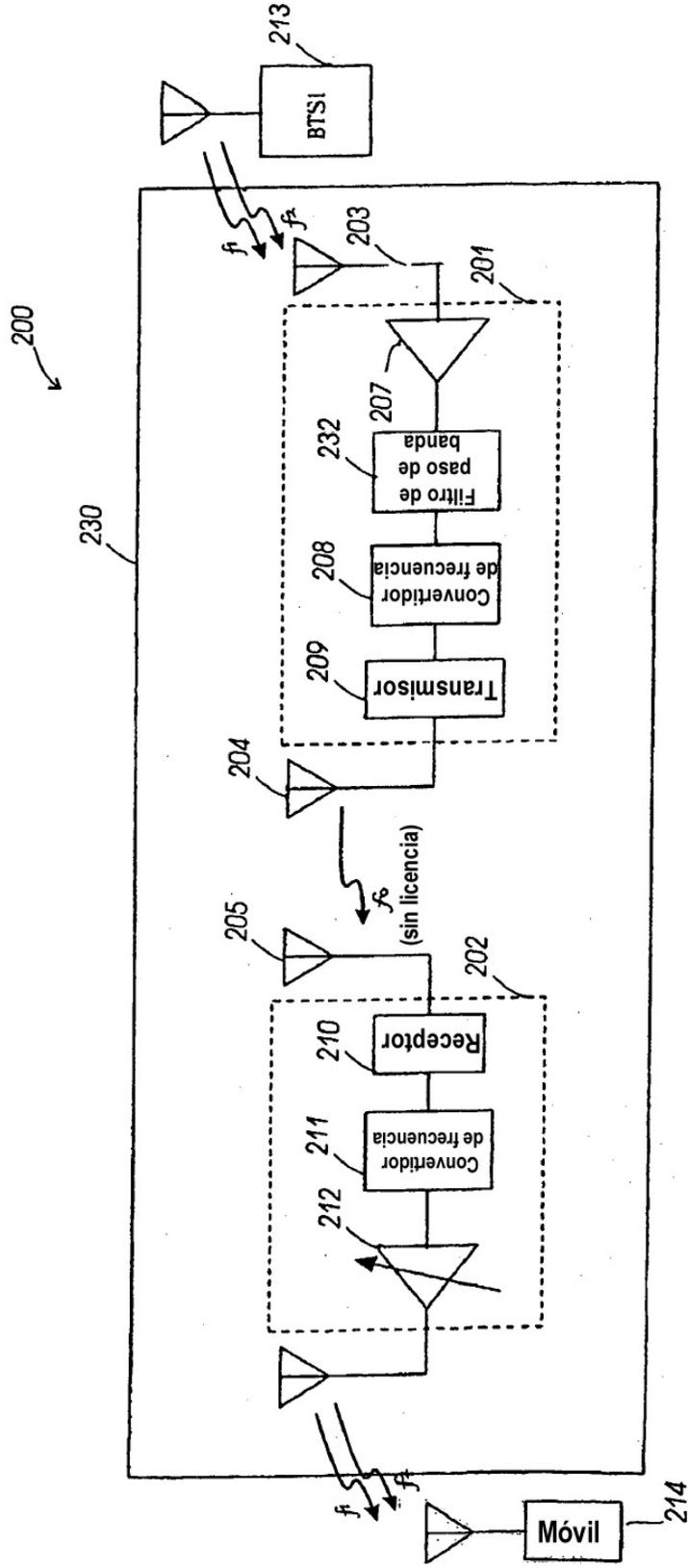


Fig. 2

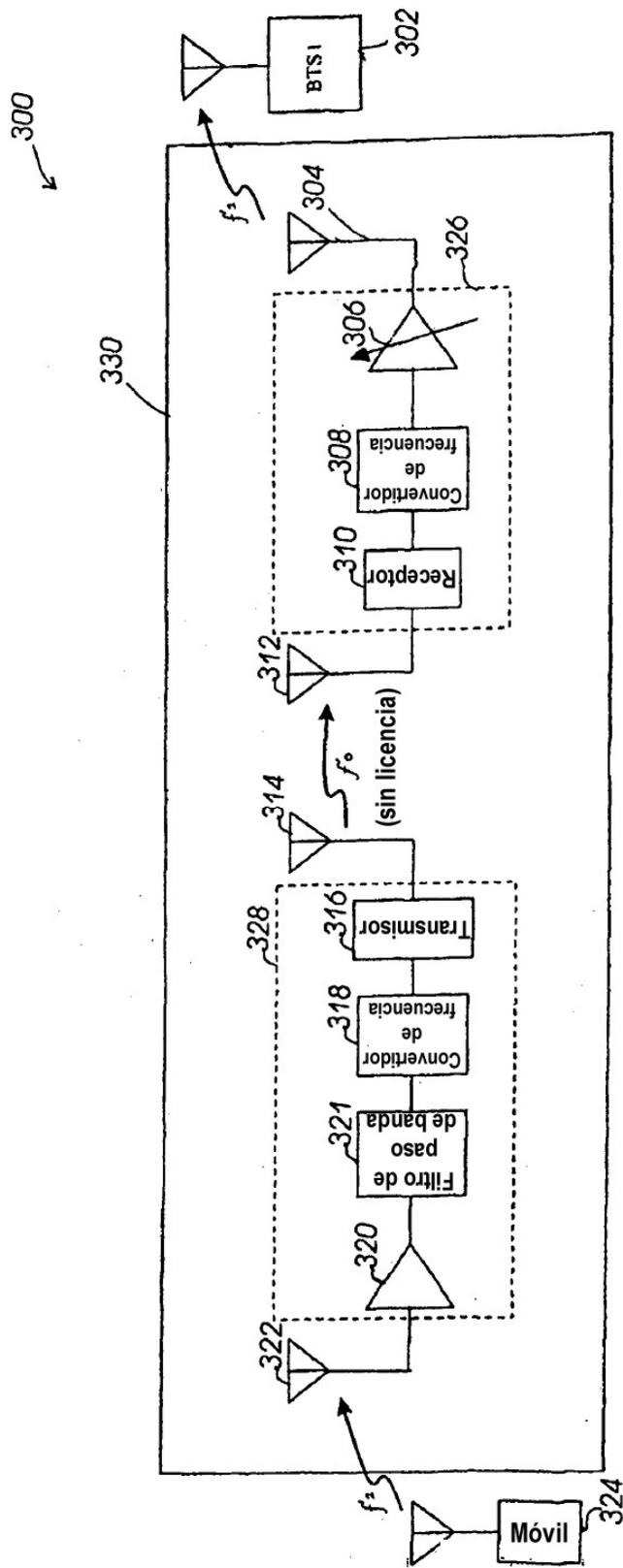


Fig. 3

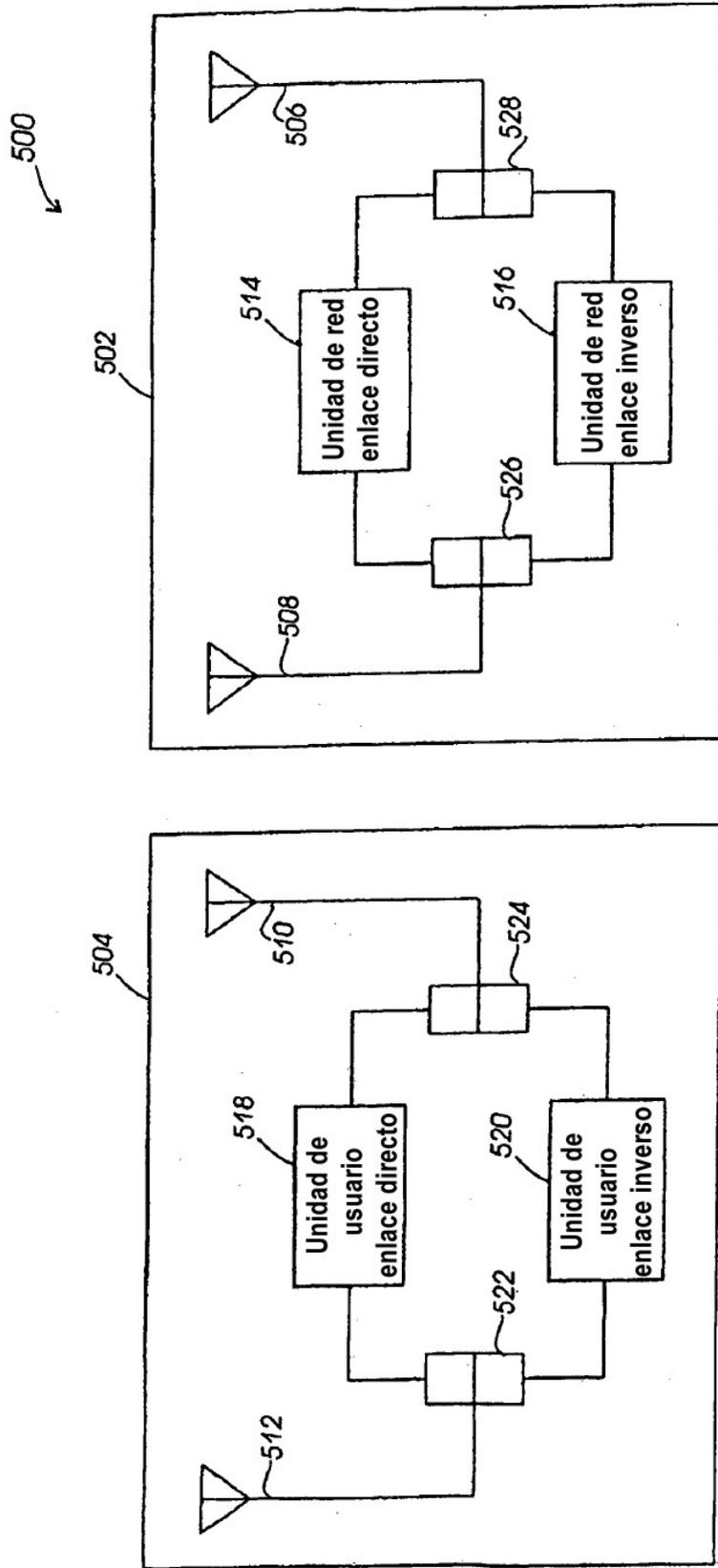


Fig. 4

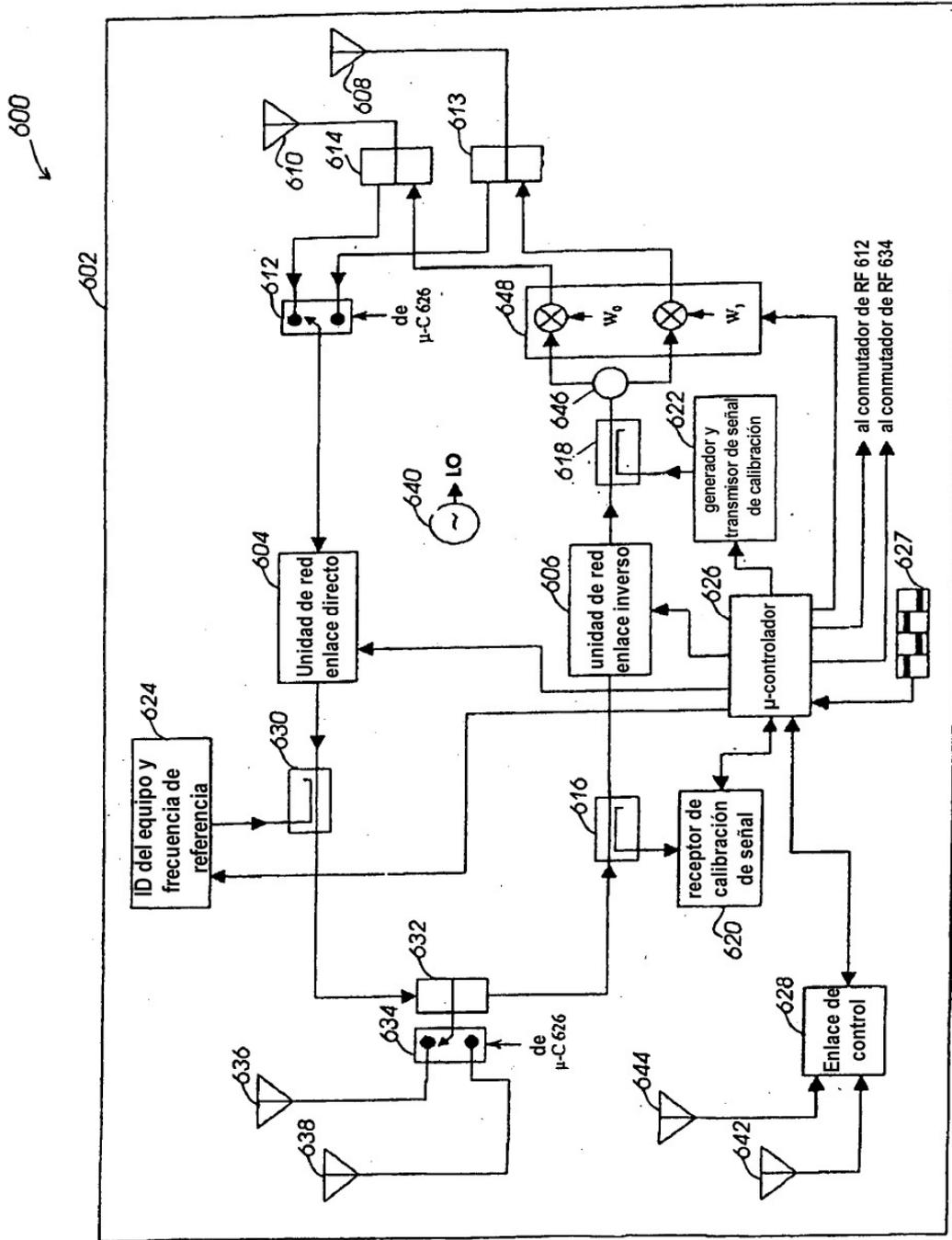


Fig. 5

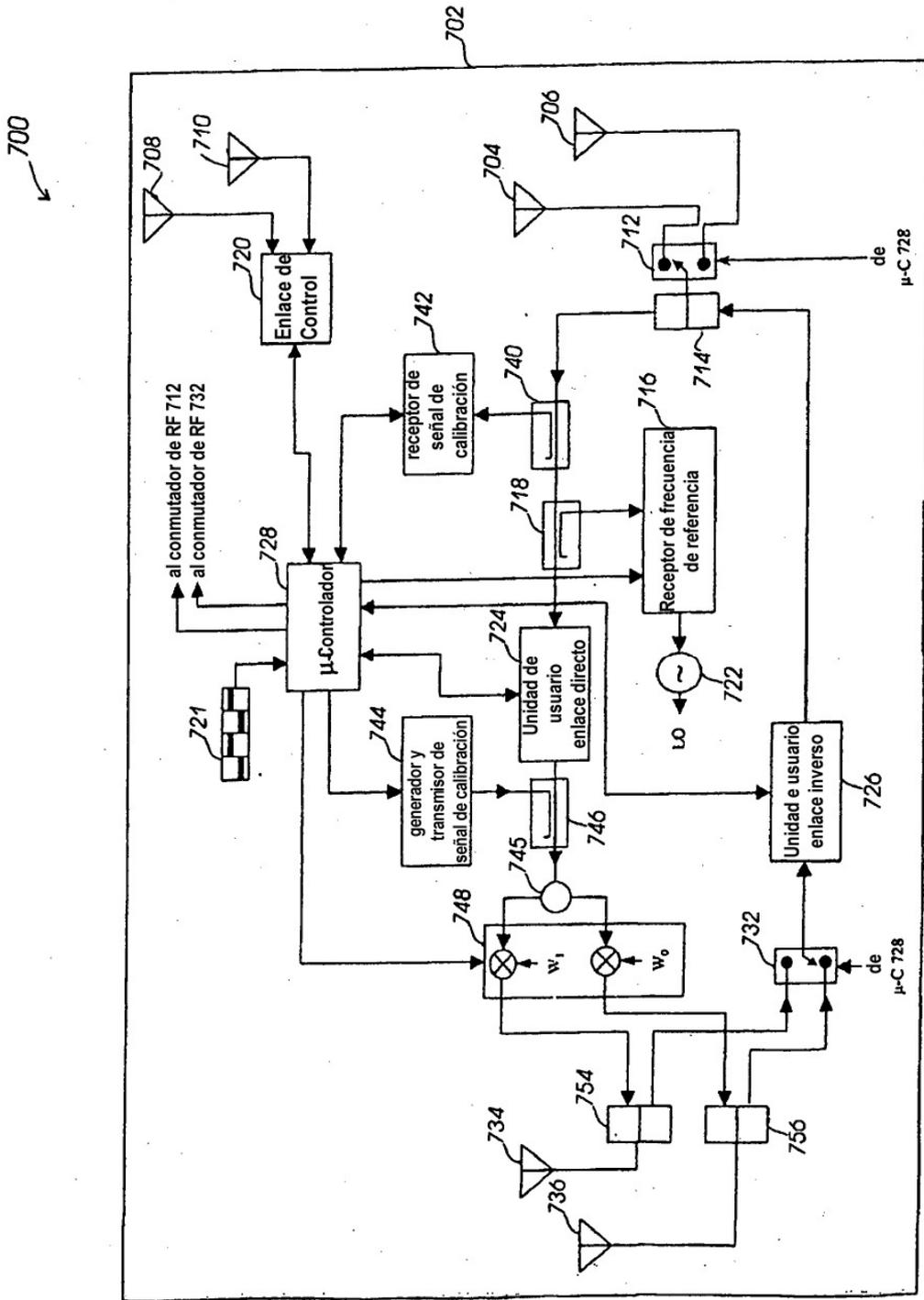


Fig. 6

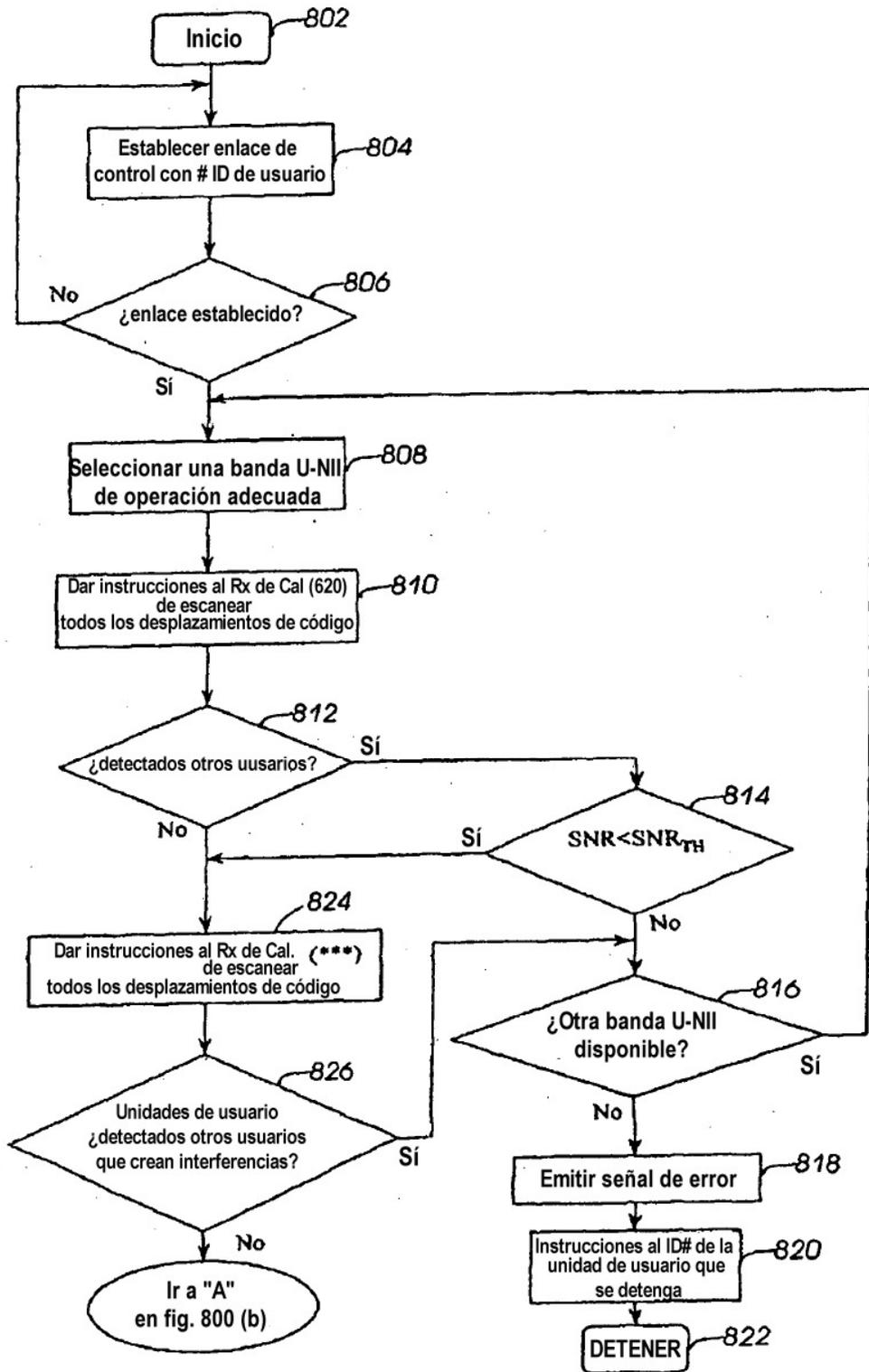


Fig. 7A

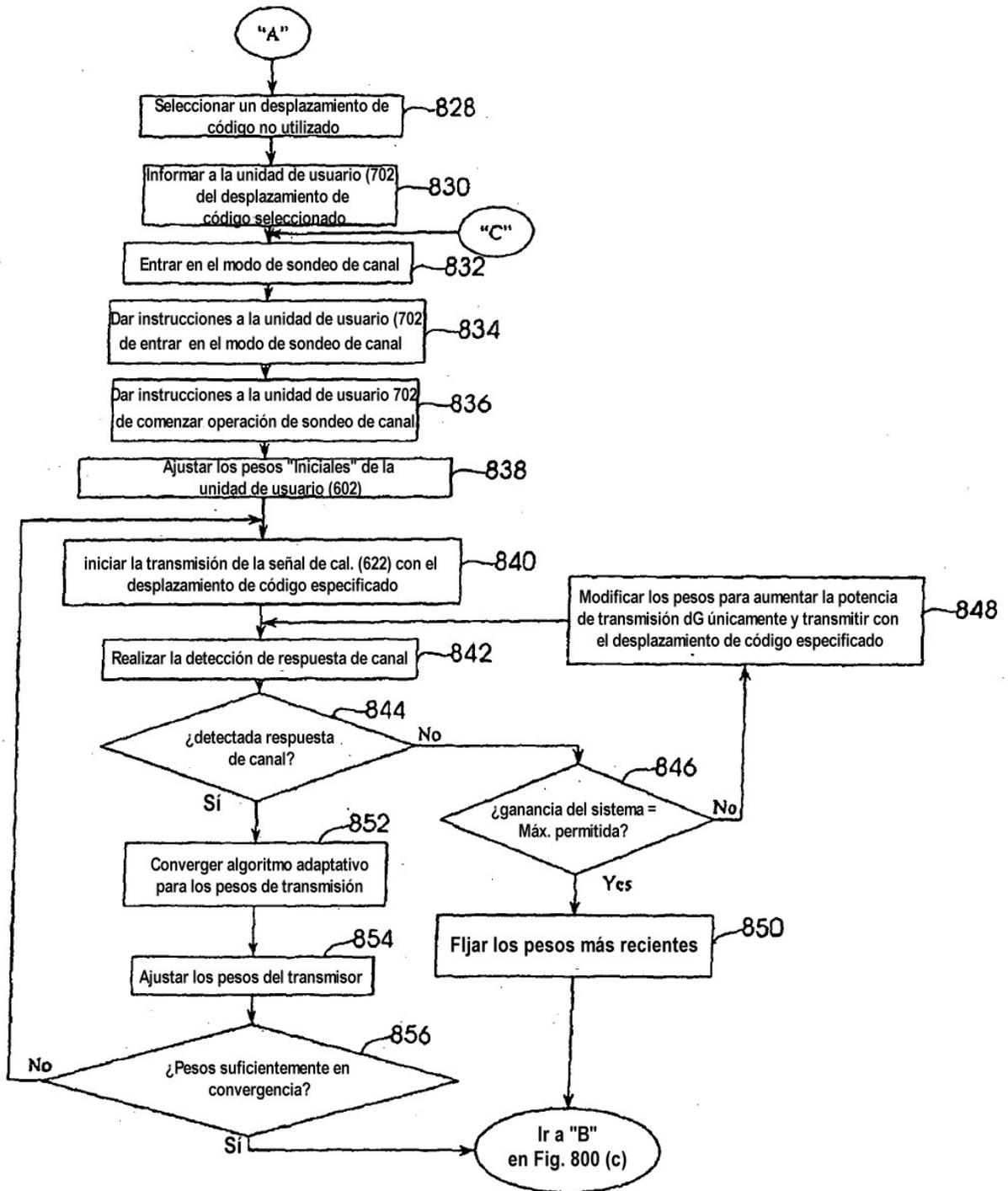


Fig. 7B

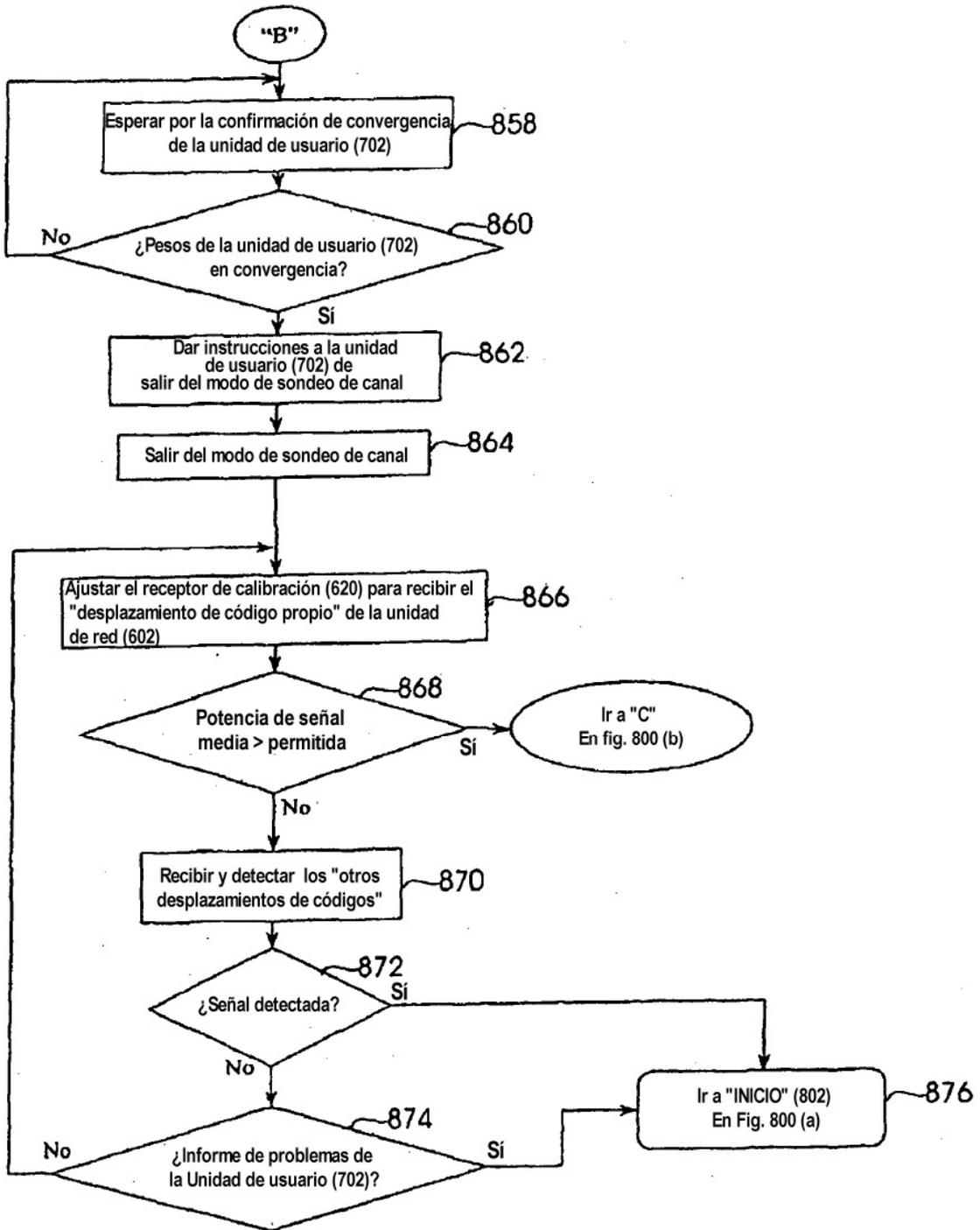
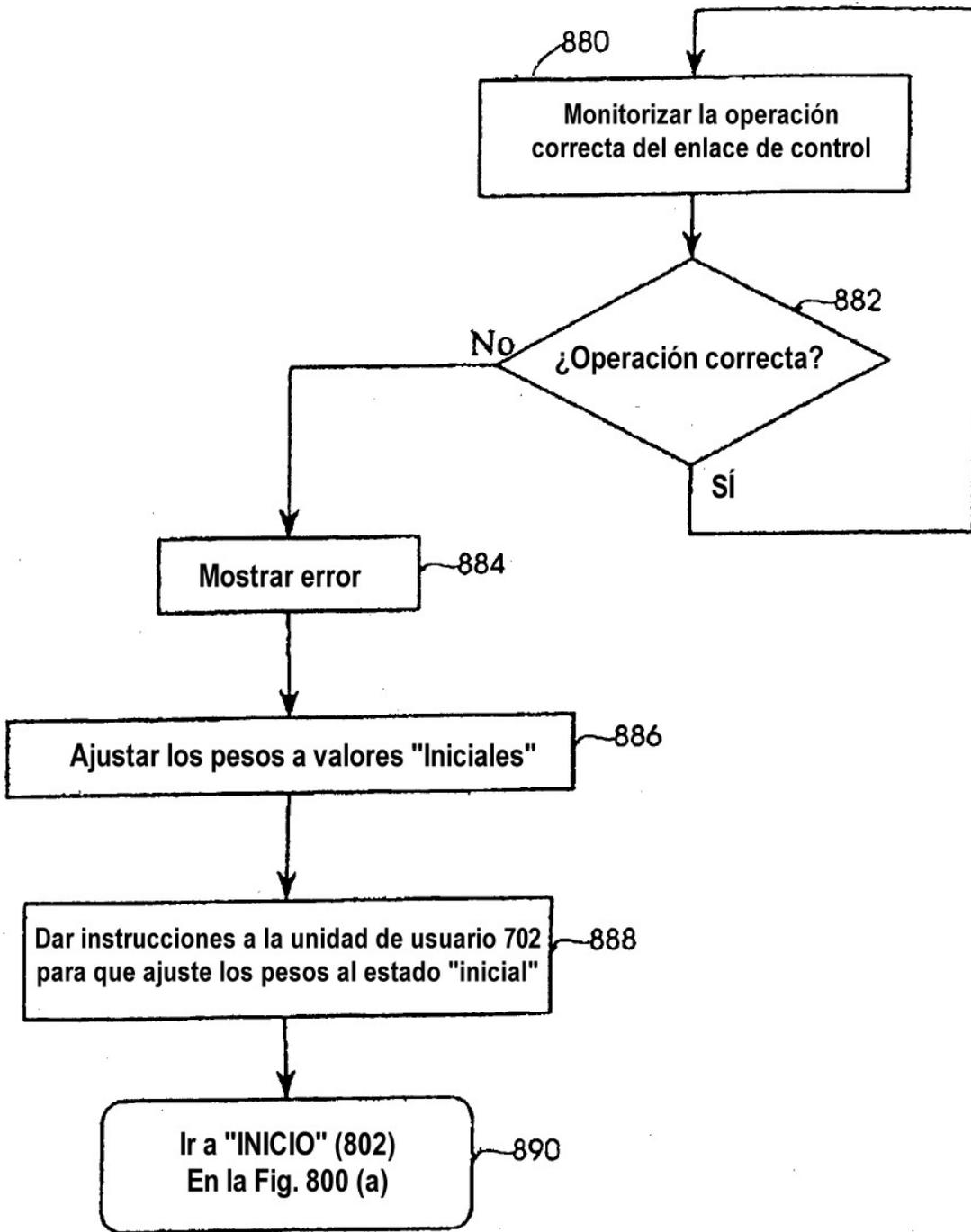


Fig. 7C



**Fig. 7D**

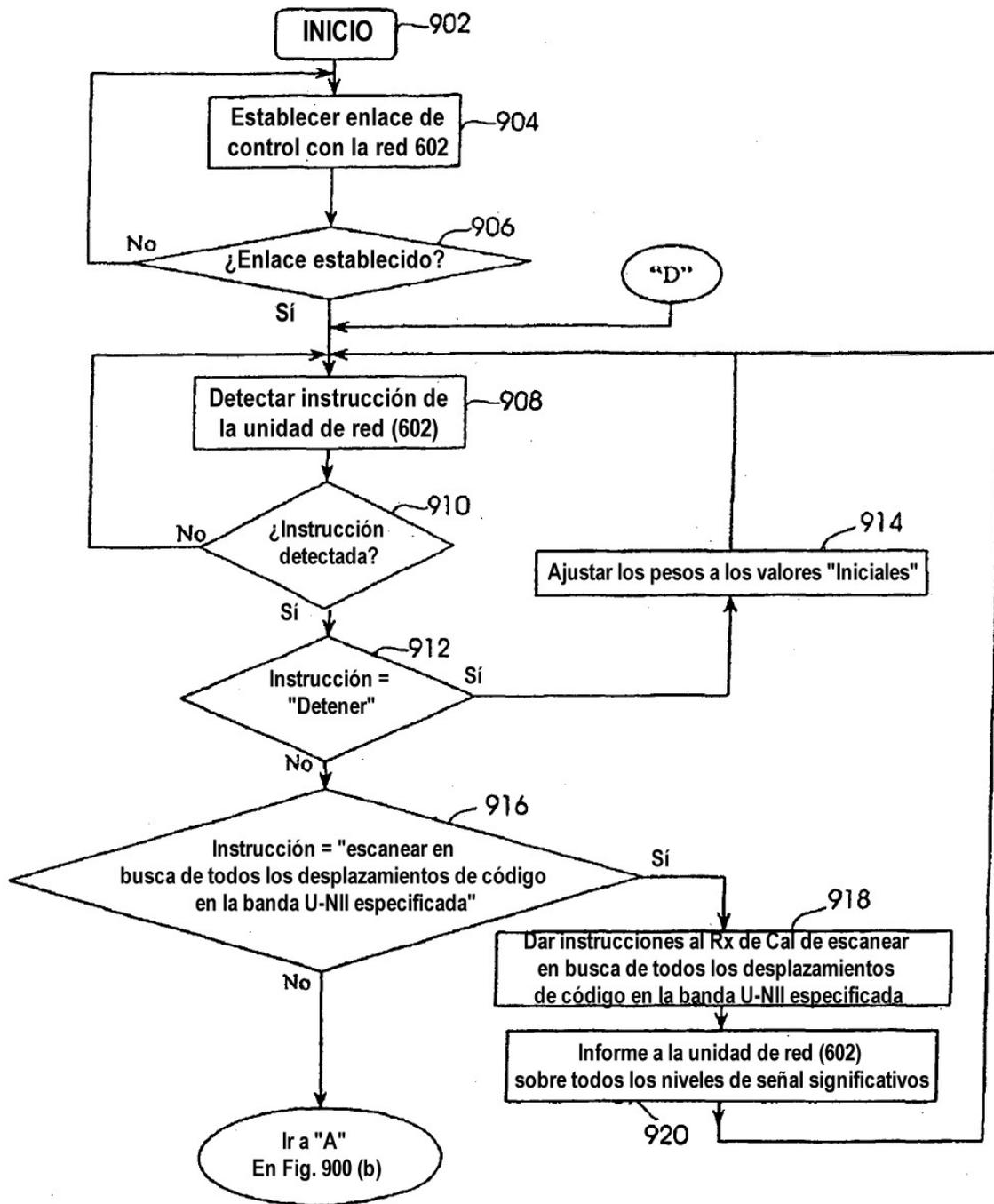


Fig. 8A

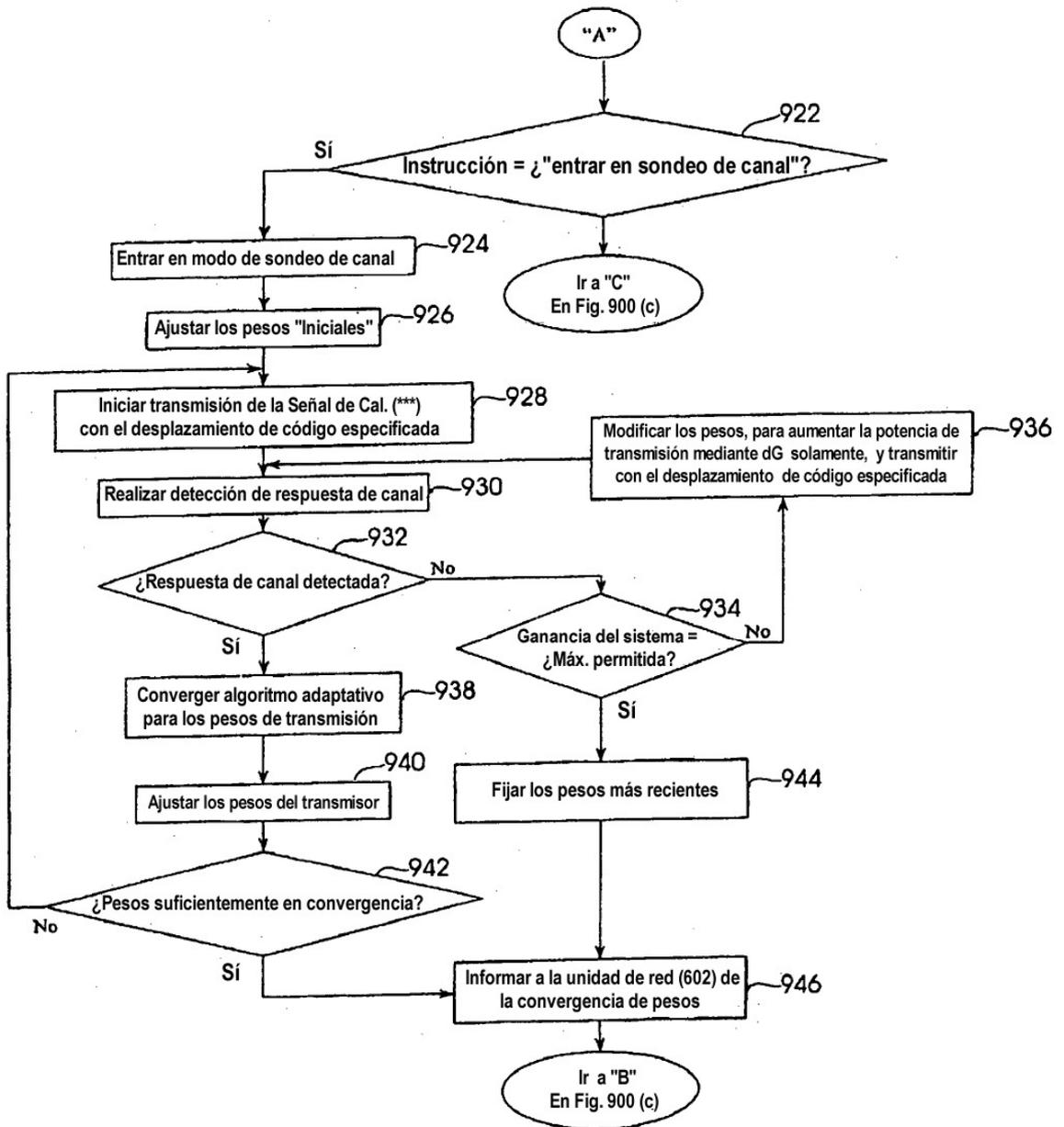


Fig. 8B

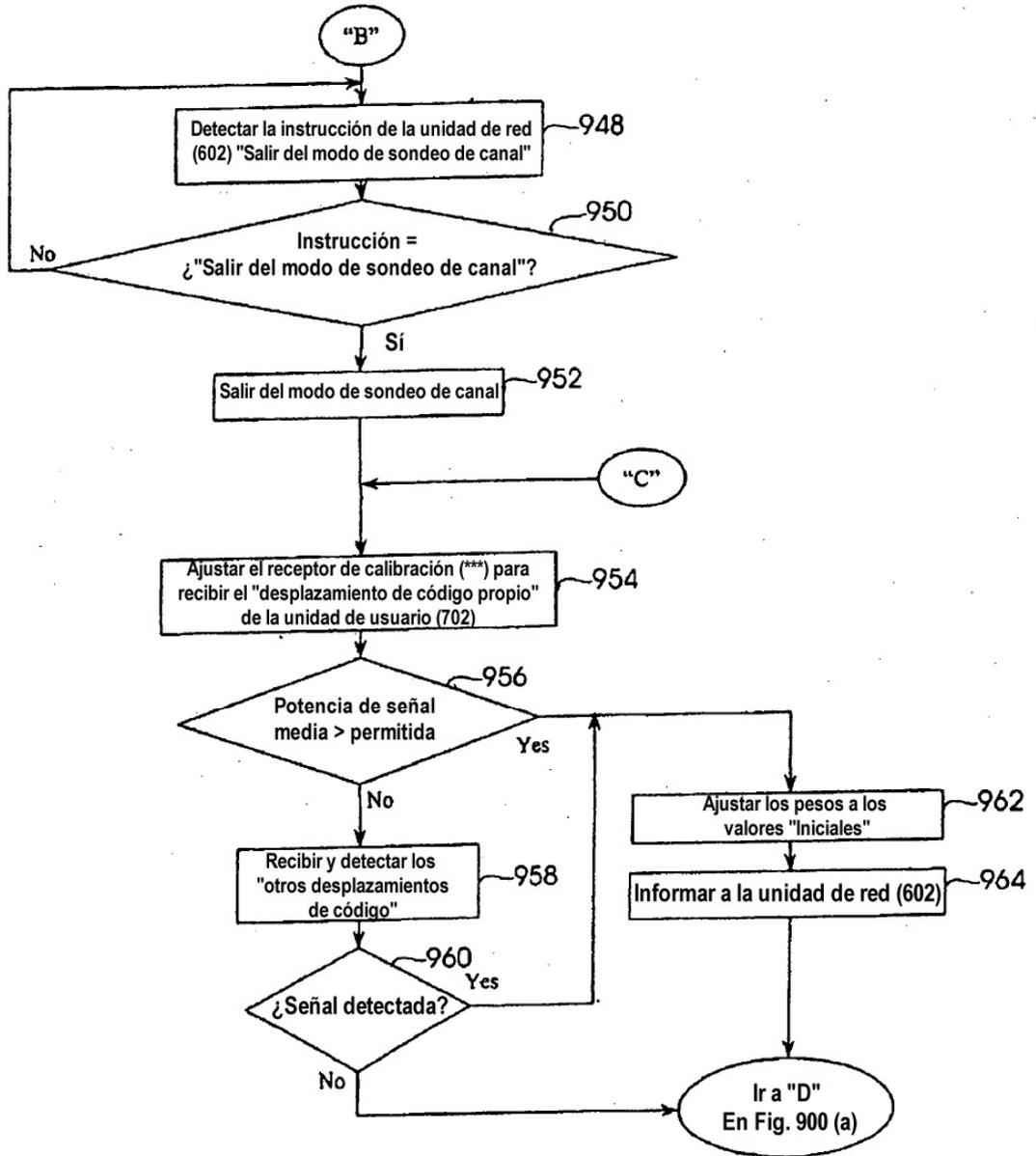
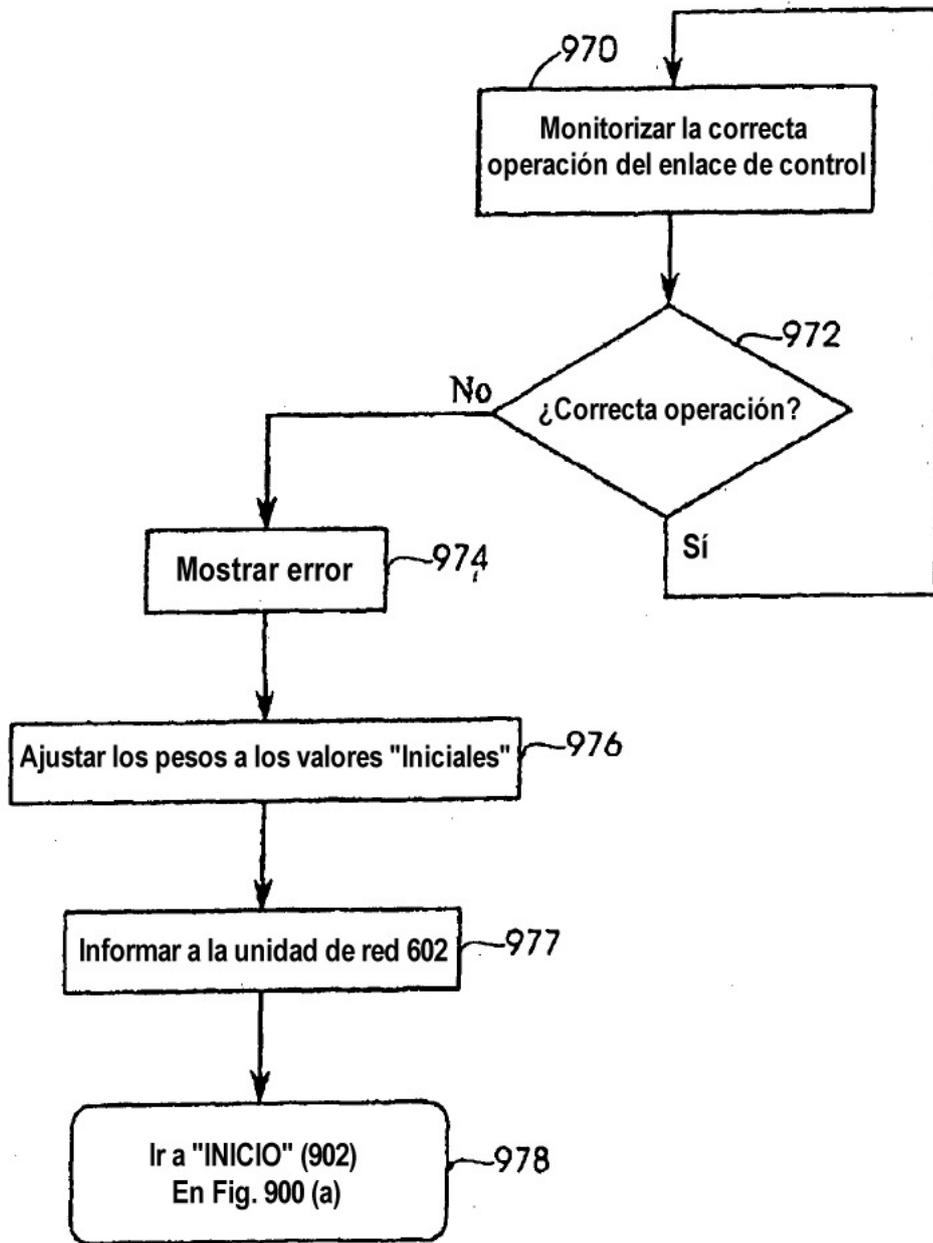


Fig. 8C



**Fig. 8D**



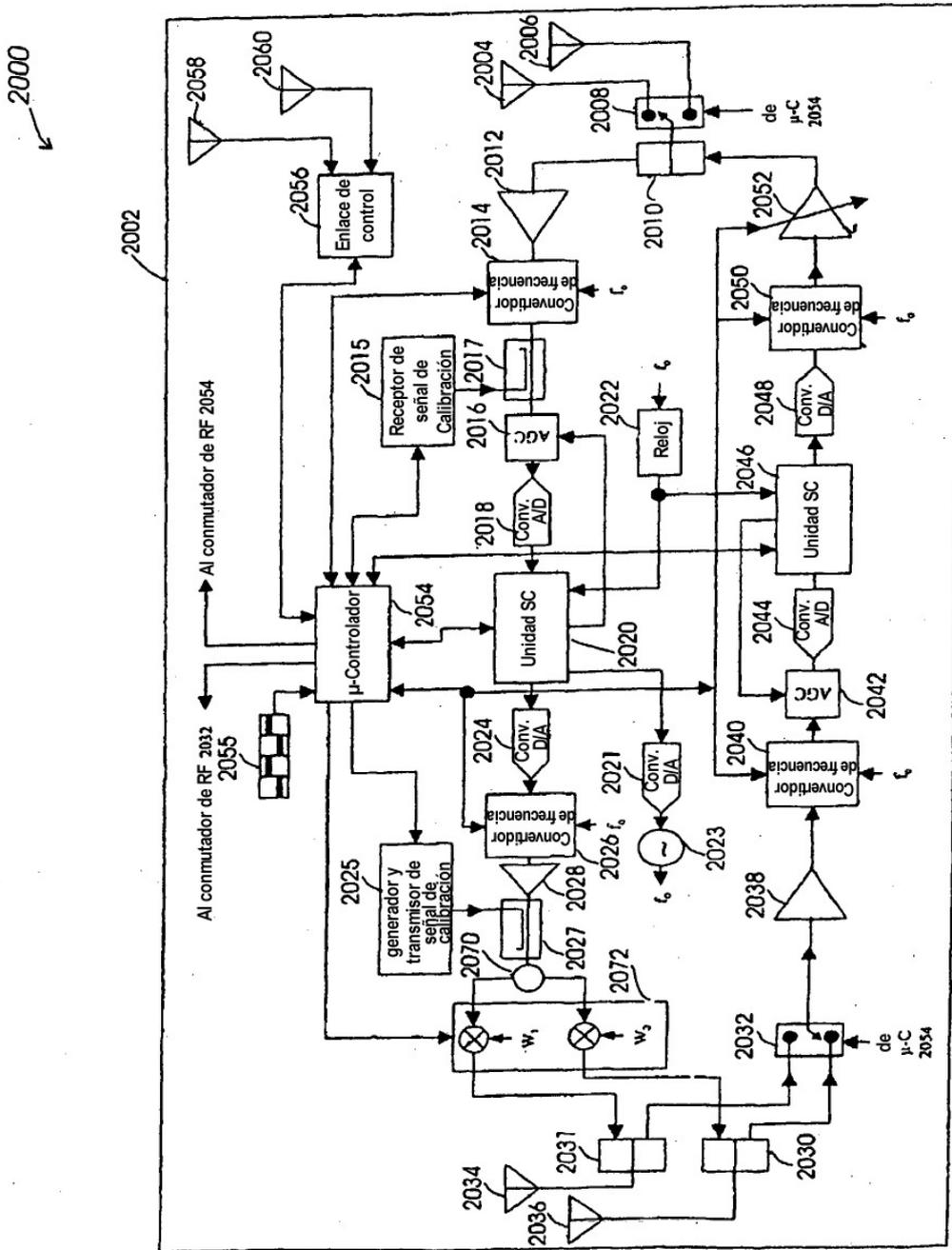


Fig. 10

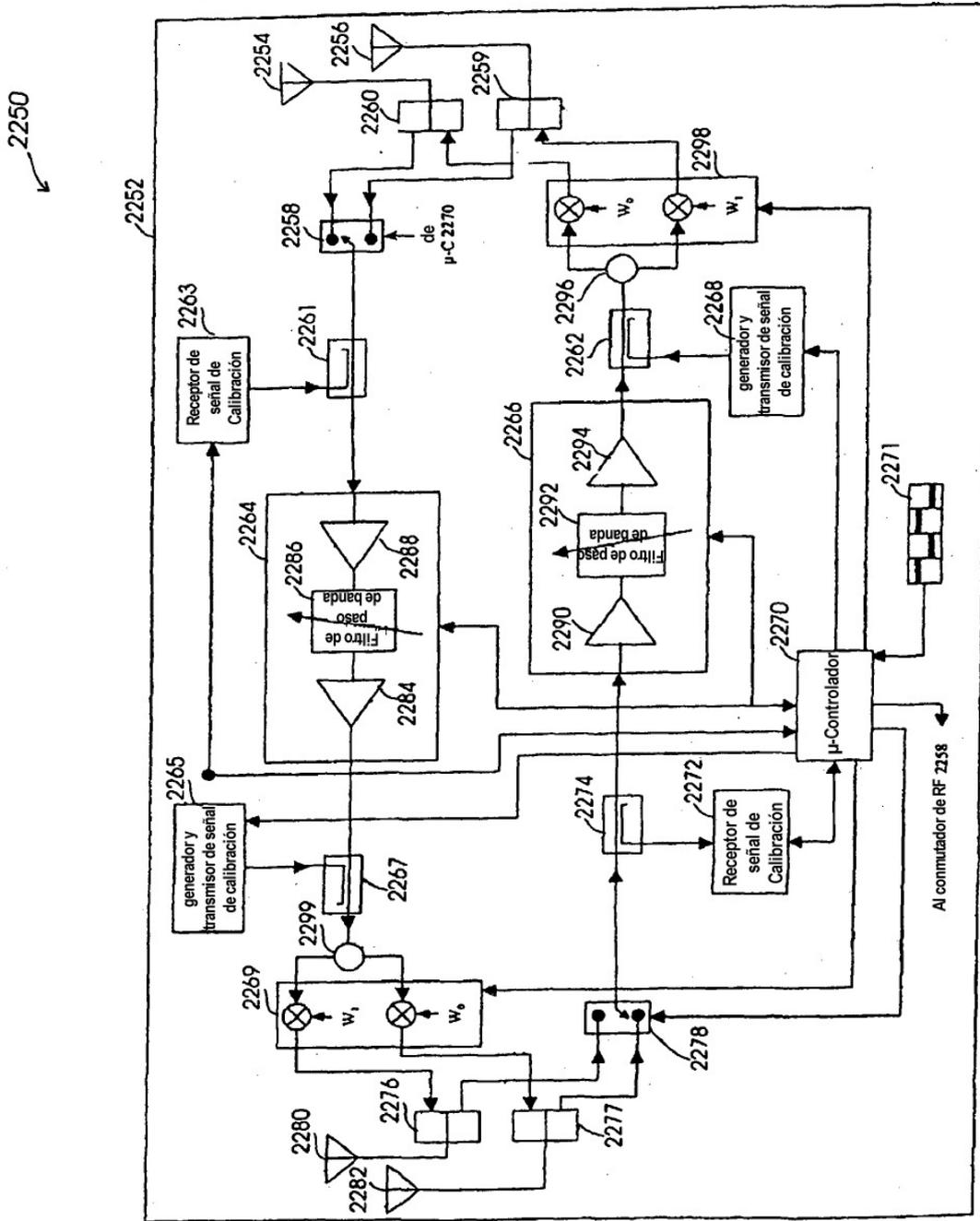
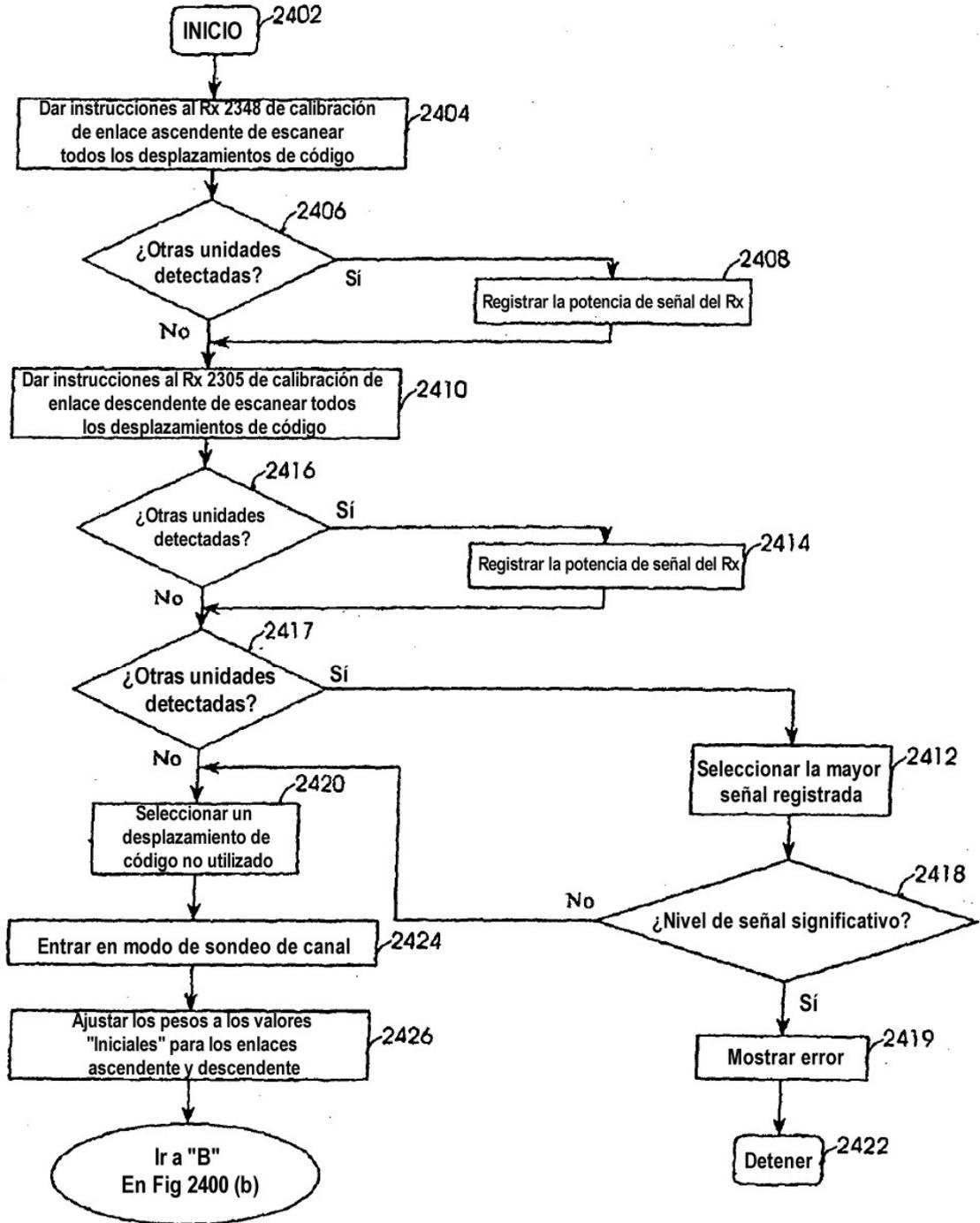


Fig. 11





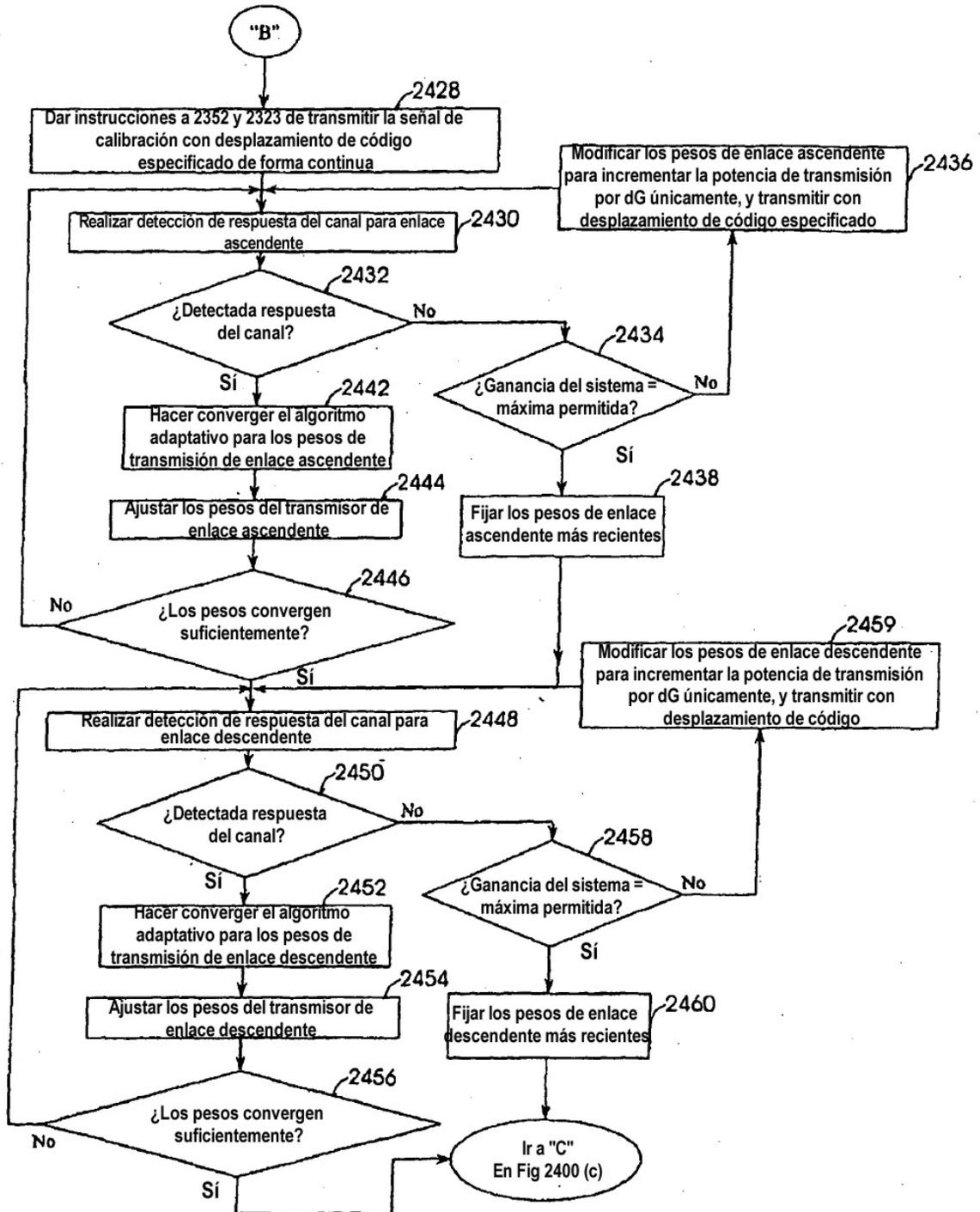


Fig. 13B

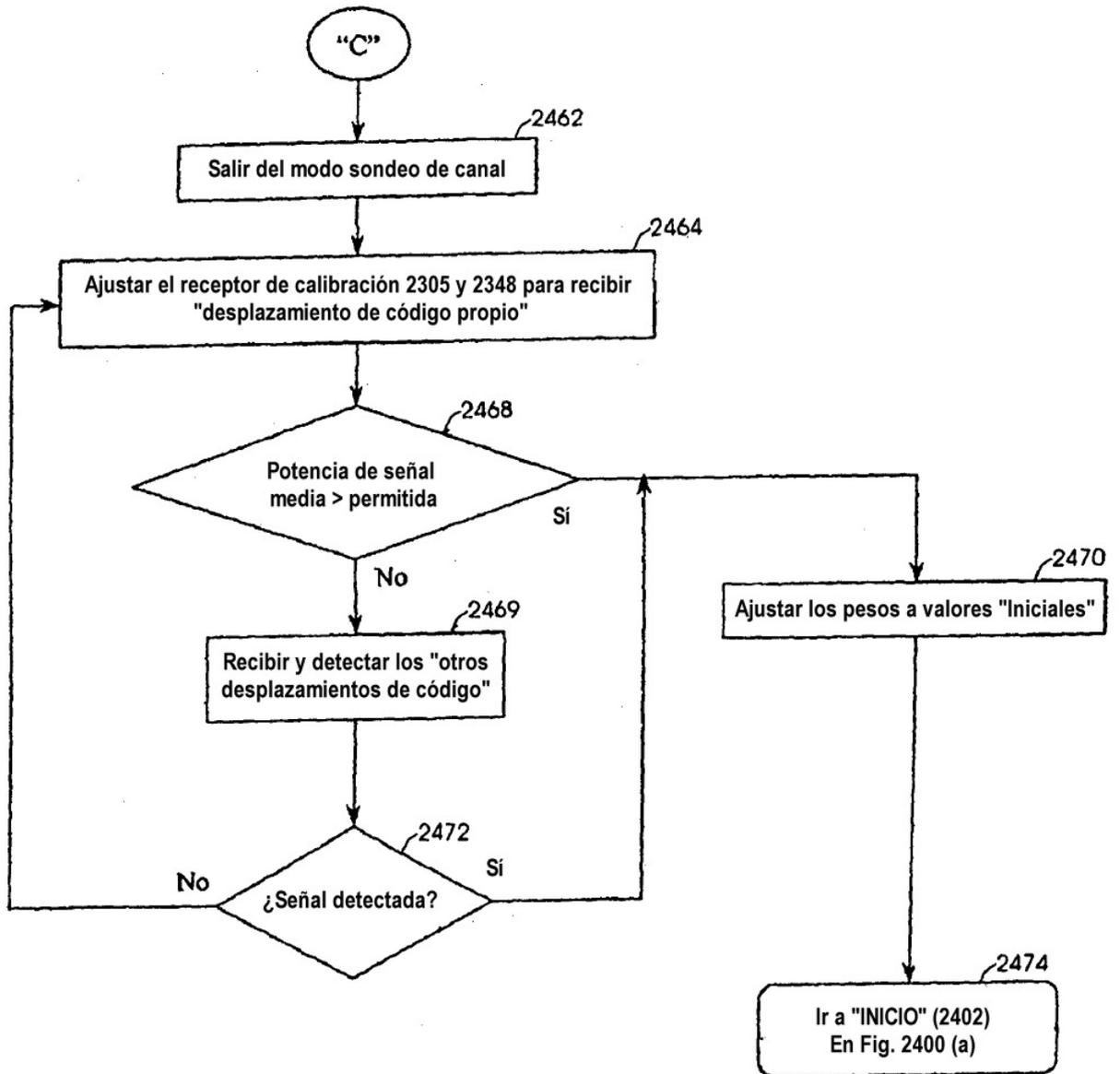


Fig. 13C

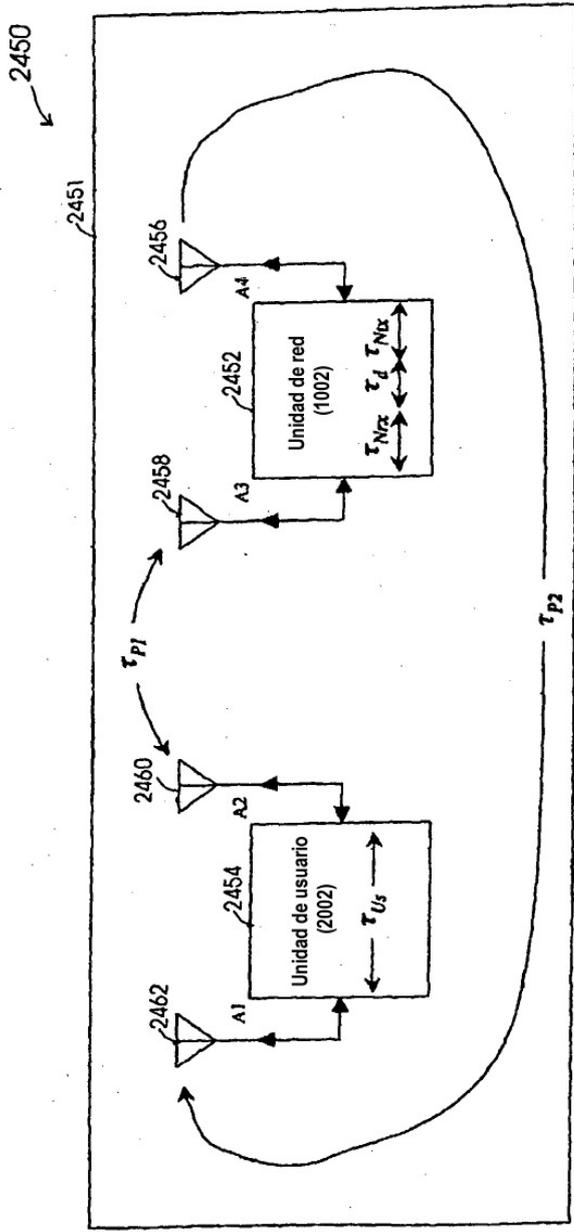
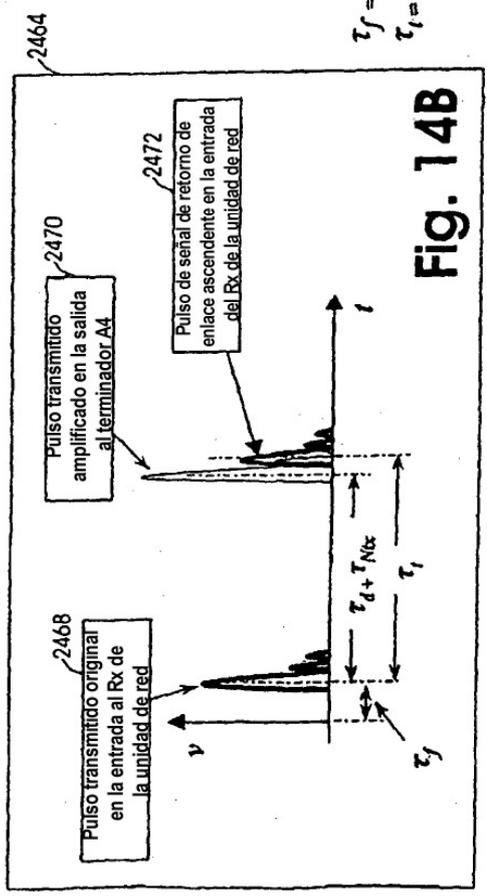


Fig. 14A



$$\tau_f = \tau_{Us} + \tau_{PI}$$

$$\tau_i = \tau_{Nrx} + \tau_d + \tau_{Ntx} + \tau_{P2} + \tau_f = \tau_d + \tau_{P2} + \tau_{PI}$$

Fig. 15A

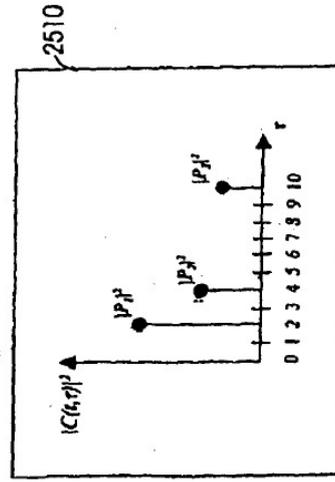
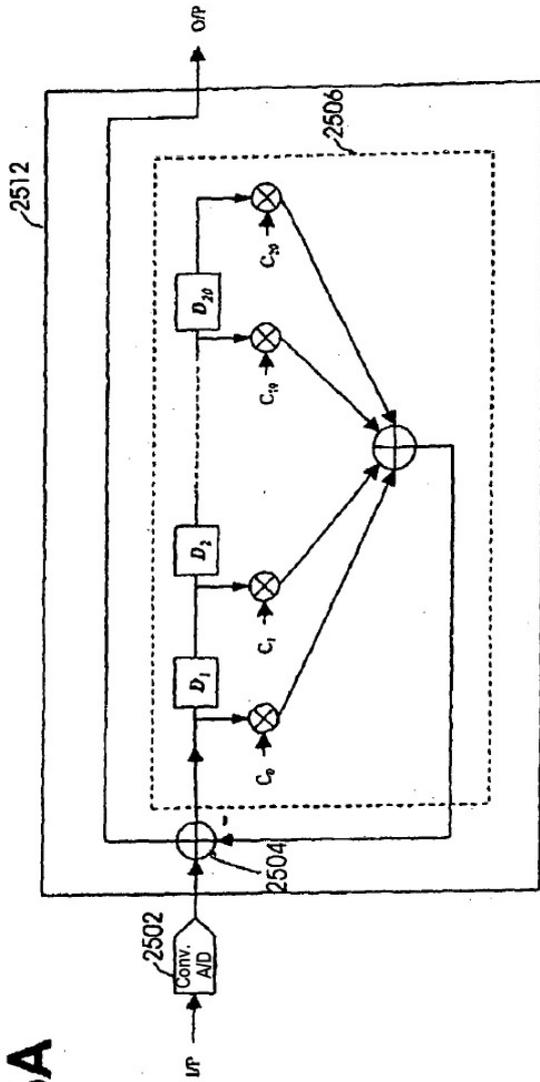


Fig. 15B

$C_1 = 0$	$C_{11} = P_1$
$C_2 = 0$	$C_{12} = 0$
$C_3 = 0$	$C_{13} = 0$
$C_4 = 0$	$C_{14} = P_2$
$C_5 = 0$	$C_{15} = 0$
$C_6 = 0$	$C_{16} = 0$
$C_7 = 0$	$C_{17} = 0$
$C_8 = 0$	$C_{18} = 0$
$C_9 = 0$	$C_{19} = 0$
$C_{20} = 0$	$C_{20} = P_3$

Fig. 15C

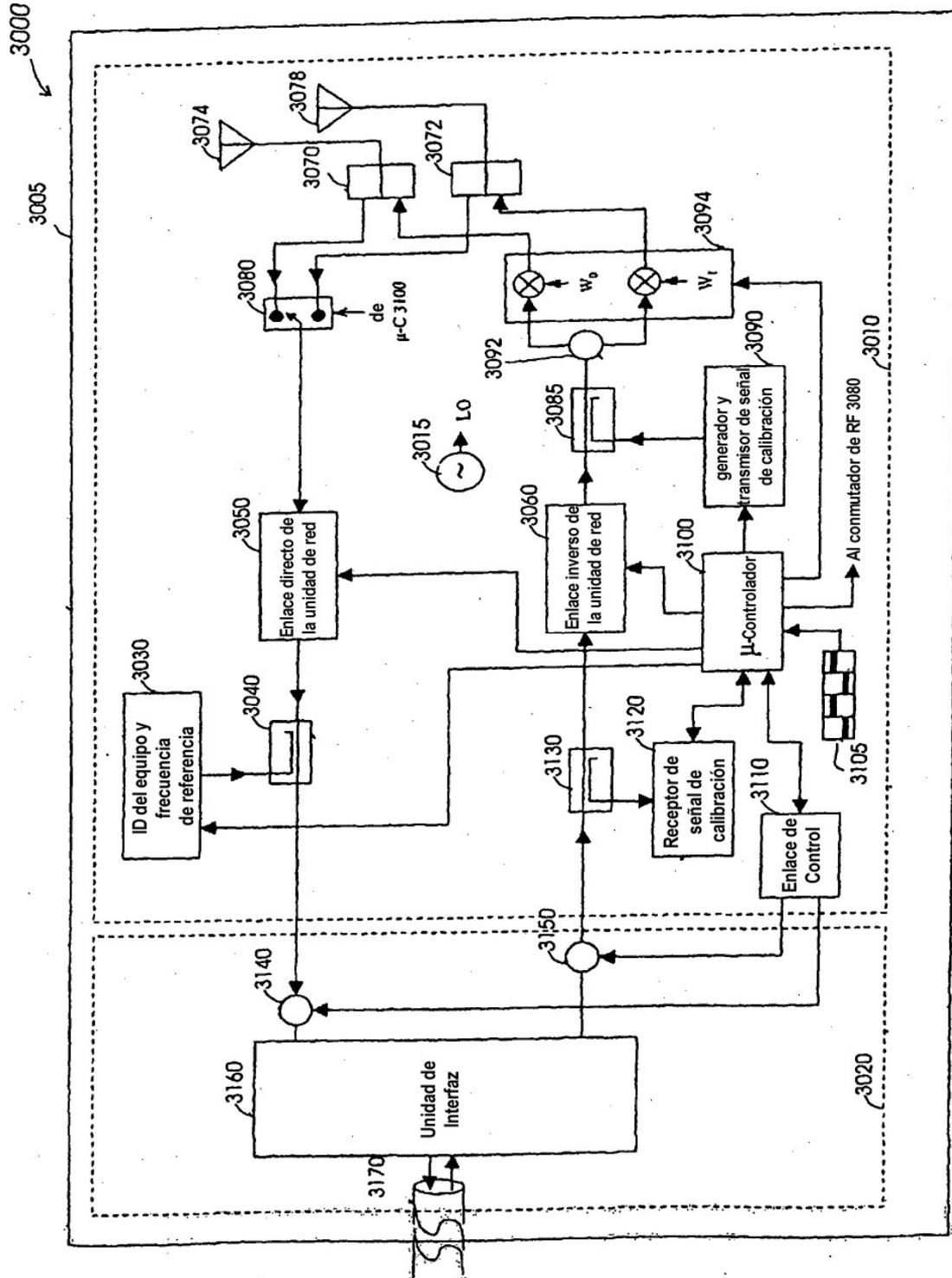


Fig. 16

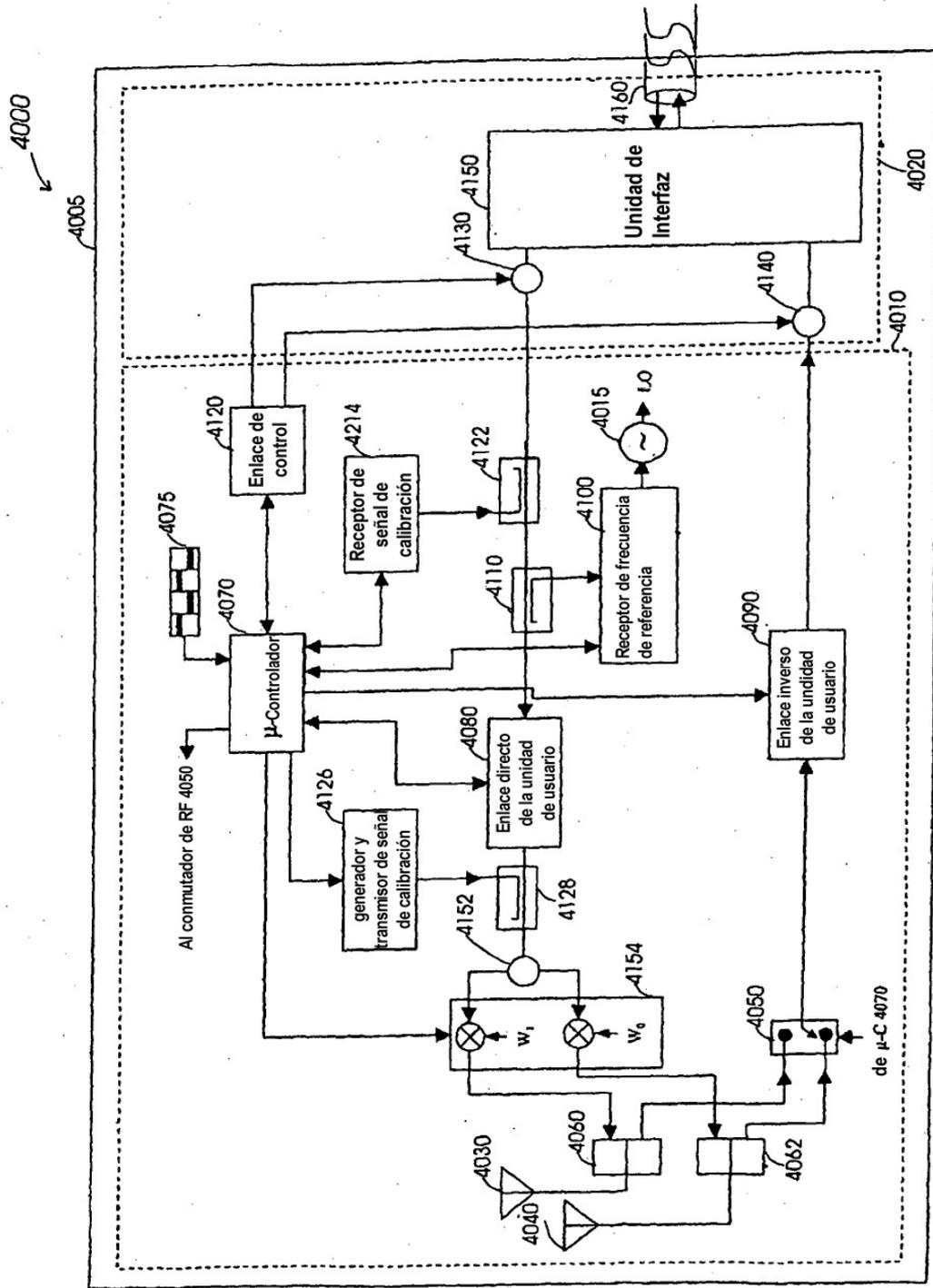


Fig. 17

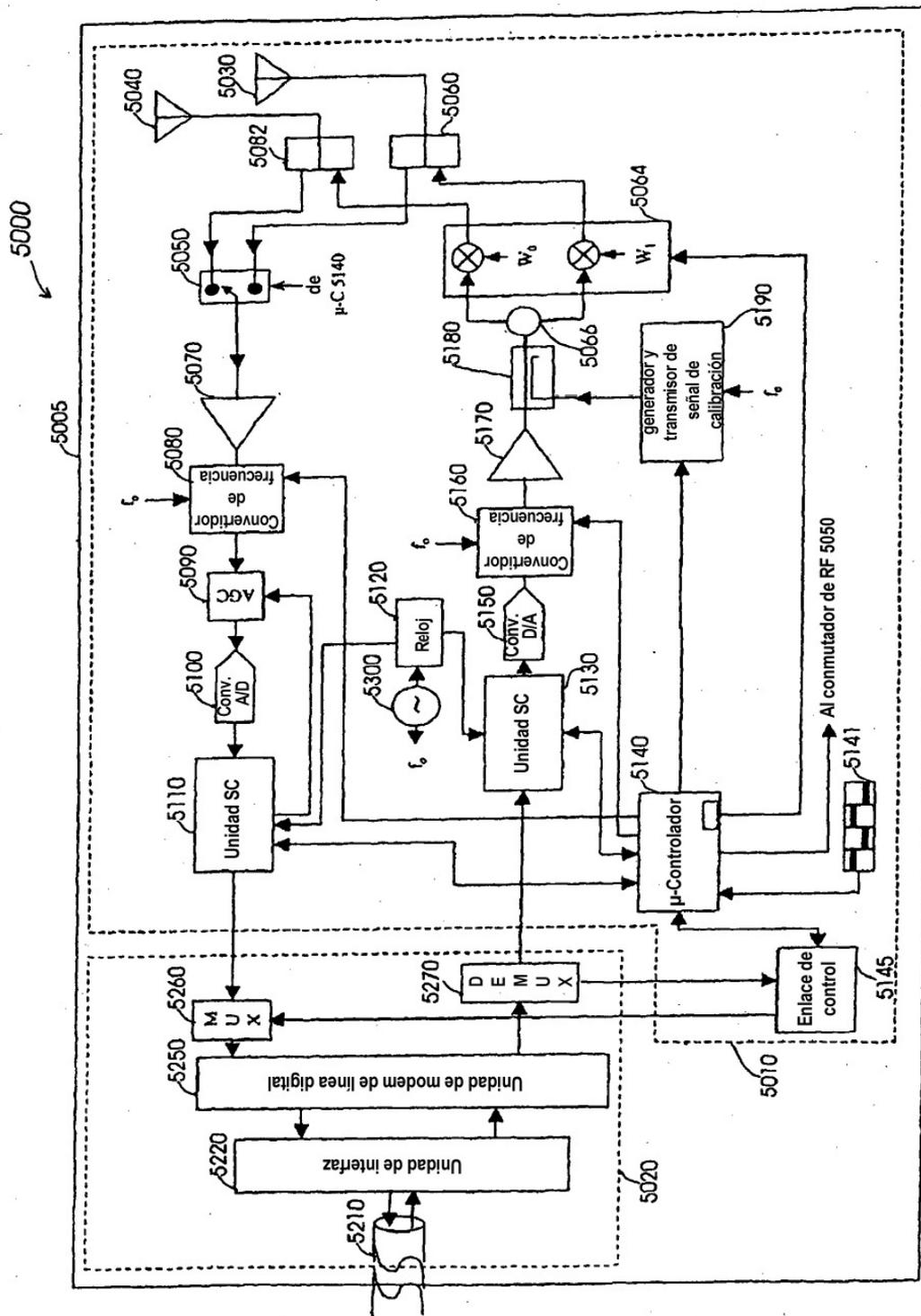


Fig. 18

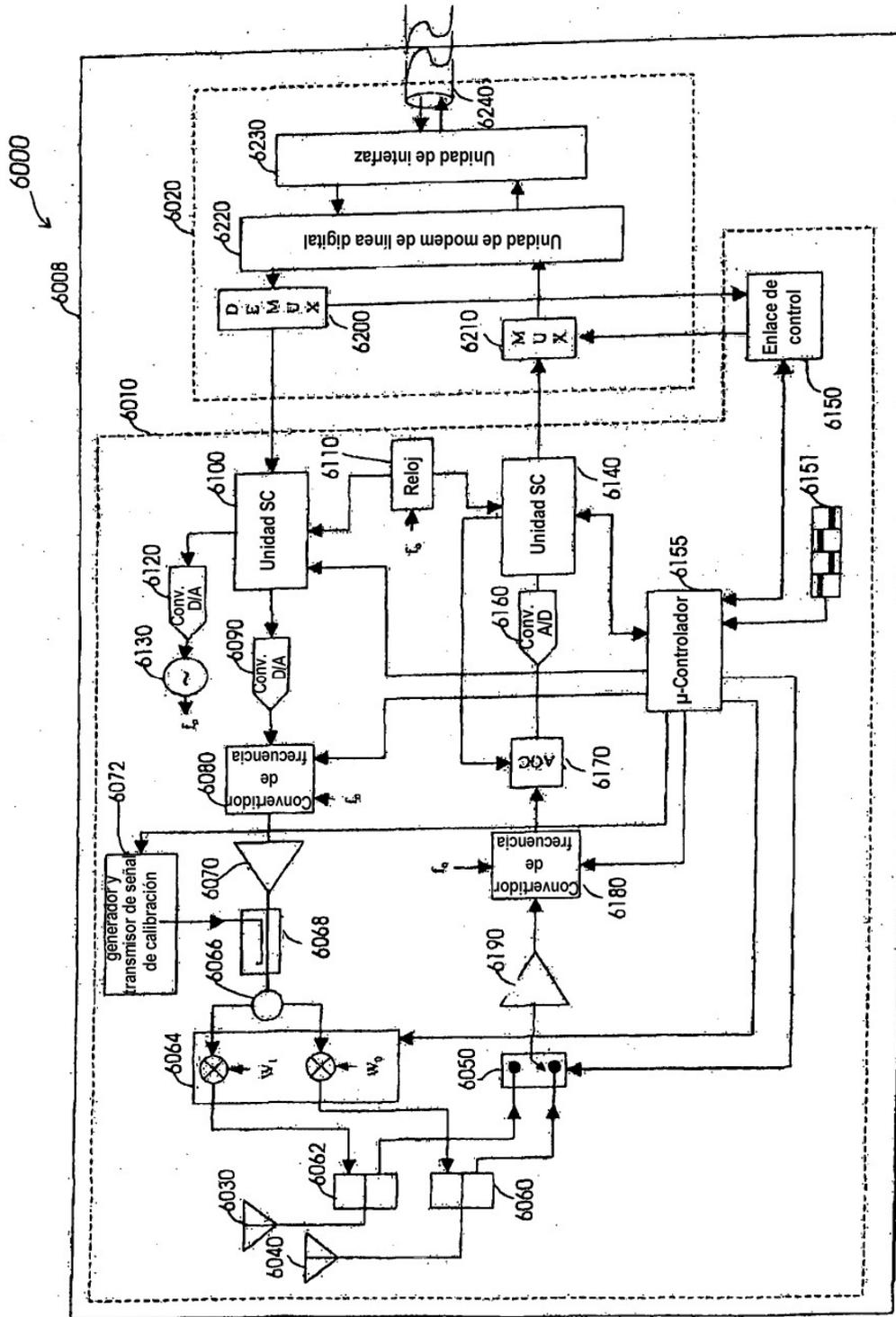


Fig. 19