(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 539 465**

(51) Int. CI.:

H04L 5/14 (2006.01)
H04B 7/155 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.02.2007 E 12001293 (5)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.04.2015 EP 2464049**

(54) Título: **Amplificador de corto alcance**

(30) Prioridad:

03.02.2006 US 765100 P

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
01.07.2015

(73) Titular/es:

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

(72) Inventor/es:

MOHEBBI, BEHZAD

(74) Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

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 de corto alcance

ANTECEDENTES

Las redes de telefonía móvil existentes, tales como Sistema Global para Comunicaciones mediante Telefonía Móvil (FSM – Global System for Mobile Communications, en inglés) e IS95, están previstas para proporcionar una cobertura contagiosa y continua, con el fin de soportar la alta movilidad de los terminales esperada desde tales sistemas. No obstante, a pesar de un cuidadoso diseño de la red, la cobertura en interior (dentro de un edificio), la cobertura en sitios con una gran atenuación por sombra (por ejemplo, túneles) de tales redes es a menudo “no uniforme”, en el mejor de los casos sin “Agujeros de cobertura”, y en el peor de los casos sin ninguna cobertura. La razón para la cobertura problemática en interiores es que las estaciones de base están habitualmente situadas fuera de edificios, más altas que las alturas medias de los edificios, para proporcionar una gran área de cobertura. Aunque la señal puede ser adecuada a “nivel de calle”, está severamente atenuada por el material de los edificios, reduciendo la potencia de la señal en el interior de los edificios, lo que resulta en las bajas convergencias. La pérdida de potencia de señal (atenuación) depende del material del edificio y puede ser de decenas de dBs para cada penetración de pared. El problema se agrava en los sistemas de 3ª generación tales como Acceso Múltiple por División de Código de Banda Ancha (WCDMA – Wideband Code Division Multiple Access, en inglés) y cdma2000, puesto que estos nuevos sistemas tienen la capacidad de alta transmisión de datos, lo que resulta en una energía de bit (E_b) de información baja, y una necesidad de enlace y huella de célula mucho menores. Actualmente, las soluciones comunes para proporcionar cobertura en interiores son:

I) Más estaciones de base de exteriores en la misma área geográfica, que soportan menores tamaños de células.
II) Microcélulas.
III) Picocélulas (células en el interior de edificios).
IV) Repetidores convencionales.

Claramente todas las soluciones anteriores (excepto la solución del repetidor) son muy caras e implican una enorme inversión en la infraestructura de red de telefonía móvil y son mucho más complejas de planificación y de operación. Existen otras soluciones tales como los repetidores que pueden ser utilizadas para acelerar la señal en un área geográfica dada.

La solución del repetidor, aunque más barata que una estación de base, tiene varios inconvenientes. Estos repetidores de exterior son aún demasiado costosos para un usuario privado, e implican una cuidadosa planificación. La mayoría utilizan grandes antenas direccionales, o frecuencias de retroceso adicionales para reducir las especificaciones de ganancia de la antena, lo que resulta en una menor eficiencia espectral y están limitados en capacidad. Los repetidores tienden a transmitir la máxima potencia de transmisión permitida y a menudo provocan mayores interferencias en la red y por ello pueden ser inadecuados para los operadores de red. Los repetidores de interior son aún más baratos que la versión de exterior, pero típicamente implican instalaciones de antenas altamente direccionales en el tejado, y un aislamiento de la antena asegurado, creando una alta demanda de coste para una instalación y operación cualificadas. Por lo tanto, el sistema generalmente sigue siendo demasiado complicado para un usuario no cualificado y no suficientemente barato para su uso en un área de cobertura muy localizada.

El documento EP-A-0 497 490 describe un sistema PBX inalámbrico que en su forma básica consiste en sólo dos tipos de componentes: una unidad de control que incluye un transmisor receptor de radiofrecuencia, y terminales de ubicación fija, tales como teléfonos y estaciones de voz / datos, que también incluyen transmisores receptores de radiofrecuencia. Dispositivos de mano portátiles están opcionalmente incluidos en el sistema para permitir movilidad al cliente. La instalación del sistema PBX se consigue colocando los componentes del sistema en las ubicaciones deseadas en locales, conectándolos a la alimentación de línea, y ejecutando algunas etapas de programación que incluyen una etapa final de iniciación de un proceso de configuración automático. A través de este proceso, el sistema automáticamente se configura para una operación óptima a la vista del entorno de radio y de la colocación de los componentes dentro del sistema en los locales del cliente. En la operación de este proceso, la unidad de control intercambia varios mensajes de radio con los terminales, decide qué terminales deberían servir también como repetidores para conectar los terminales situados más distantes, y determina la estructura de tramas apropiada para el sistema.

COMPENDIO

De acuerdo con una realización de un dispositivo de comunicación, un repetidor media tráfico entre un transmisor receptor de red y un transmisor receptor de usuario en un sistema de comunicación inalámbrico. El repetidor comprende una unidad de red que mantiene un enlace de red con el transmisor receptor de red, una unidad de usuario que mantiene un enlace de usuario con el transmisor receptor de usuario, una ruta de comunicación bidireccional entre la unidad de red y la unidad de usuario adaptada para comunicar señales entre el transmisor receptor de red y el transmisor receptor de usuario en saltos de repetidor autónomos entre el transmisor receptor de red y la unidad de red, entre el transmisor receptor de usuario y la unidad de usuario y entre la unidad de red y la

unidad de usuario incluyendo transmisión de enlace descendente de la unidad de red a la unidad de usuario y transmisión de enlace ascendente de la unidad de usuario a la unidad de red, y una unidad de detección acoplada a la unidad de red y a la unidad de usuario adaptada para detectar temporización de trama de las transmisiones de enlace descendente y de enlace ascendente respectivamente detectando una secuencia de preámbulo de las transmisiones de enlace descendente y/o de enlace ascendente.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Las realizaciones de la invención que se refieren tanto a estructura como a método de operación pueden ser mejor comprendidas por referencia a la siguiente descripción y dibujos que se acompañan, en los cuales:

la **FIGURA 1** es un diagrama de bloques esquemático que representa una realización de un sistema amplificador que puede ser utilizado en un sistema de TDD;
la **FIGURA 2** es un diagrama de bloques que muestra la estructura de una trama de WiMax de enlace descendente;
la **FIGURA 3** es un diagrama de bloques esquemático que ilustra una realización de una red de telefonía móvil con dos estaciones de base;
la **FIGURA 4** es un diagrama de bloques esquemático que representa una realización de una parte de enlace de difusión de un repetidor;
la **FIGURA 5** es un diagrama de bloques esquemático que muestra una realización de una parte de enlace de retorno de un repetidor;
la **FIGURA 6** es un diagrama de bloques esquemático que ilustra una realización de un sistema que incluye una unidad de Red y una unidad de Usuario;
la **FIGURA 7** es un diagrama de bloques esquemático que ilustra una realización de un sistema que incluye una unidad de Red que implementa diversidad de antenas; y
la **FIGURA 8** es un diagrama de bloques esquemático que representa una realización de un repetidor que utiliza dos antenas para la diversidad de antenas.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

El sistema descrito en esta memoria proporciona una mejor y localizada cobertura en interiores sin provocar más interferencias en la red, el uso de equipos costosos o planificación de la red. El sistema incrementa la capacidad global de la red, reduciendo la potencia de transmisión de los móviles y de la BTS, aumentando la vida de la batería y reduciendo la radiación “dañina” para el usuario.

Las descripciones de las realizaciones ilustradas se basan en una red de GSM (Sistema Global para Comunicaciones), que es un sistema basado en Acceso Múltiple por División de Tiempo – Transmisión Bidireccional por División de Frecuencia (TDMA/FDD – Time Division Multiple Access – Frequency Division Duplex, en inglés) que opera en varias bandas del espectro, dependiendo de las leyes del país y de la región. No obstante, la descripción, con modificaciones menores, es igualmente aplicable a cualquier otro sistema de telefonía móvil, incluyendo (pero no estando limitado a) IS95, cdma2000 y WCDMA, y con otras modificaciones aplicable a sistemas de LAN inalámbricos tales como 802.11a, b y g. Aunque la descripción está dada para sistemas de telefonía móvil, con modificaciones menores, puede ser igualmente aplicable a otros sistemas tales como GPS o cualquier otro sistema que utilice capacidad de aceleración de señal. La frecuencia de operación puede ser en una parte seleccionada del espectro de comunicaciones utilizada para las comunicaciones móviles (por ejemplo PCS 1900, ó DCS 1800 ó GSM 900 ó UMTS 2000, ISM ó banda de UNII). La descripción de esta memoria sólo pretende ser un ejemplo y como tal el amplificador no está limitado sólo a la cobertura en el interior de edificios y puede ser utilizado en otros lugares tales como trenes, aviones, coches, túneles, etc. También, el ejemplo puede no incluir todos los detalles de diseño mínimos o no importantes. Las unidades y sub-unidades descritas y explicadas a continuación cumplen las leyes de la respectiva banda de operación con licencia y sin licencia. Por lo tanto, para las diferentes implementaciones y realizaciones de ejemplo descritas, se cumplen las especificaciones que incluyen potencia de transmisión máxima, máscara espectral, radiación de fuera de banda y otros para transmisores, receptores, repetidores y amplificadores para bandas de operación tanto con licencia como sin licencia.

Descrita con referencia a las **FIGURAS 1** y **2** se encuentra una extensión de los sistemas descritos con respecto a las siguientes **FIGURAS 3** y **8** que describen un sistema de telefonía móvil Bidireccional por División de Frecuencia (FDD – Frequency Division Duplex, en inglés). Las **FIGURAS 1** y **2** describen un sistema de amplificador similar que permite un sistema de telefonía móvil o inalámbrico Bidireccional por División de Tiempo (TDD – Time Division Duplex, en inglés) tal como Interoperatividad Global para Acceso por Microondas (WiMAX) o Acceso Múltiple por División de Tiempo – División de Código Síncrona (TD-SCDMA – Time Division – Synchronous Code Division Multiple Access, en inglés). En un sistema TDD, la estación de base (BTS – Base Station, en inglés) utiliza la misma frecuencia para la comunicación en los enlaces de difusión y de retorno para una unidad de estación de telefonía móvil (MS – Mobile Station, en inglés).

En referencia a la **FIGURA 1**, un diagrama de bloques esquemático representa una realización de un sistema amplificador que puede ser utilizado en un sistema TDD. En la versión de TDD del amplificador de corto alcance, Salto1 y Salto3 están substancialmente a la misma frecuencia. No obstante, Salto2 está adaptado para operar en banda de UNII o ISM. Salto1 es el enlace de comunicación a la BTS, mientras que Salto3 es el enlace de

comunicaciones a la MS. Salto2 es el enlace de comunicaciones entre los elementos de la unidad de Red y la unidad de Usuario del sistema amplificador, que incluyen un tráfico bidireccional y canales de control. Aunque el sistema de telefonía móvil / inalámbrico que opera en F1 en modo de TDD en un sistema tal como Wimax, los canales de tráfico o control o ambos de Salto2 pueden operar en modos de TDD o de FDD.

Tanto las unidades de Red como de Usuario del amplificador tienen una nueva unidad de detección que puede detectar la temporización de trama de las transmisiones de enlace descendente y de enlace ascendente respectivamente. Por lo tanto, las unidades de Red y de Usuario ahora pueden detectar el inicio de los canales de baliza, de control o de otros canales de difusión o de tráfico del enlace descendente (por parte de la unidad de Red) y del enlace ascendente (por parte de la unidad de Usuario, detectando (en tiempo, en frecuencia o en ambos) la secuencia de "preámbulo" (por ejemplo como se muestra en la **FIGURA 2**) de las transmisiones de TDD de enlace descendente y/o de enlace ascendente, justo como la MS lo haría en la red. La **FIGURA 2** es un diagrama de bloques que muestra la estructura de una trama de WiMax de enlace descendente.

Para que el sistema amplificador sea capaz de operar en una red de telefonía móvil / inalámbrica de TDD, con el canal de Control en salto2 ACTIVADO, pero con el canal de tráfico en salto2 y la transmisión en salto1 y salto3 "DESACTIVADOS", la unidad de Red, por ejemplo tal como se describe en las **FIGURAS 3** a **8** ó en otras realizaciones adecuadas, detecta la temporización de trama del enlace descendente (enlace de difusión de BTS a MS). Para tal funcionalidad la unidad de Red tiene que detectar el inicio de los canales de baliza, de control o de otros canales de difusión o de tráfico del enlace descendente, por ejemplo detectando la secuencia de "preámbulo (mostrada en la **FIGURA 2**) de las transmisiones de enlace descendente en tiempo o frecuencia o ambos, justo como lo haría la MS en la red. En un sistema de TDD simétrico, en el que las tramas de enlace descendente y de enlace ascendente son iguales en longitud, y la duración de la trama es conocida, el inicio de la temporización de trama es suficiente para la operación activa del canal de tráfico del amplificador en salto2 y las transmisiones en salto1 y salto3. La información acerca de la temporización de trama es pasada a la unidad de Usuario, a través del canal de control en salto2, de manera que la unidad de usuario conocería también la temporización de las tramas del enlace descendente y en consecuencia de las tramas de enlace ascendente. Entonces a continuación, las dos unidades configurarían el respectivo salto1, 2 y 3 para transmisión y recepción, para pasar la información del enlace de difusión y de retorno hacia/desde la MS y la BTS, sobre la base de la estructura de tramas del sistema en el que operan. La señal de calibración referenciada en las **FIGURAS 3** a **8**, que se utiliza para estimar la pérdida de ruta entre las dos unidades de Red y de Usuario, sólo es transmitida en el enlace de difusión o de retorno en un momento dado, dependiendo del flujo de tramas a través del amplificador en ese momento. El resultado del sondeo de canales que finaliza en que la unidad red o la unidad de usuario (dependiendo de la dirección de la trama) es a continuación pasado a la otra unidad para la transmisión de la trama inmediata siguiente en la dirección opuesta. Los resultados del sondeo de canales para los enlaces de difusión y de retorno son idénticos puesto que los enlaces están ajustados a la misma frecuencia.

Para escenarios en los que la estructura de trama del enlace de difusión y de retorno no es simétrica, la unidad de red tiene que detectar el inicio y el final de la trama. La detección del inicio de la trama, como se ha mencionado, puede basarse en la detección del "Preámbulo", mientras que la detección del final de la trama puede basarse en el cambio de nivel de la señal recibida. La detección del inicio y del final de la trama en el enlace descendente (o/y en la unidad de usuario en el enlace ascendente) es una operación "en curso". Si se detecta un cambio en el patrón de transmisión, bajo la instrucción de la unidad maestra (unidad de red), ambas unidades entran en el "modo de Frontera Variable", donde las unidades tanto de Red como de Usuario cambian al modo de recepción, tratando de detectar el "Preámbulo" de una trama entrante. Mediante la detección del "preámbulo" por parte de una de las unidades, los datos son retardados mediante almacenamiento en memoria temporal, el evento de detección es comunicado a la otra unidad a través del canal de control, de manera que la otra unidad puede reconfigurar su ruta de RX / TX, y la trama es enviada a través del canal de tráfico de salto2, a continuación del retardo inicial requerido para el ajuste de los transmisores receptores. El citado retardo es mucho menor que el periodo de tiempo de Guarda que está especificado para el sistema de TDD en el cual está operando el amplificador. La trama es enviada de una unidad a otra a través del canal de tráfico en salto2, hasta que el final de trama es detectado por la unidad que primero detectó el "preámbulo", tras lo cual el evento de final de trama es marcado a la otra unidad a través del canal de control de salto2. Tras la correcta transmisión de la trama en curso, las dos unidades retornan al modo de recepción tratando de detectar el "preámbulo" en la dirección tanto de enlace ascendente como de enlace descendente y la operación anterior se repite. El modo de Frontera Variable es repetido hasta el momento en que el nuevo patrón de conmutación entre las tramas de enlace hacia arriba y hacia abajo es detectado (digamos tras unas 1000 tramas), y las dos unidades siguen la operación de secuencias de Tx / Rx descrita en el caso de TDD de conmutación fija, hasta el momento en que se detecta un cambio de nuevo en la posición del preámbulo, en cuyo caso las dos unidades retornan al modo de Detección de frontera variable.

La FIGURA 3 muestra una red de telefonía móvil 100 con dos estaciones de base (BTS1 (101) & BTS2 (102)). Una red típica soporta más de dos estaciones de base. El sistema descrito puede ser aplicado en redes de cualquier tamaño, independientemente del número de estaciones de base soportado. La BTS1 101 está conectada al Controlador de Estación de Base BSC1 107. La BTS2 102 está conectada al Controlador de Estación de Base BSC2 108. La BTS2 102 puede estar también conectada al Controlador de Estación de Base BSC1 107, en lugar de al BSC2 108. El BSC1 107 está conectado al Centro de Conmutación para Móviles MSC 109. El BSC2 108 está

conectado al MSC 109, o en su lugar puede estar conectado a otro MSC de la red. El MSC 109 está conectado a la PSTN 110. La BTS1 101 tiene un área de cobertura 103 asociada. La BTS2 102 tiene un área de cobertura 104 asociada. Estas áreas de cobertura pueden o no superponerse. No obstante, usualmente la red está planeada de tal manera que hay una considerable superposición, para facilitar las transferencias. El terminal móvil 105 está dentro del edificio 106, en el área de cobertura 103 que se comunica con la BTS1 101, utilizando un canal de tráfico transmitido aproximadamente a la frecuencia $f1$ en el enlace de difusión y a la frecuencia de su enlace de retorno asociado, $f1'$. El canal de tráfico puede ser uno de los intervalos de tiempo disponibles en la portadora del BCCH, o puede ser una portadora del TCH, donde el salto de frecuencia puede ser utilizado para reducir las interferencias. El terminal móvil 105 puede o no estar en el área de cobertura 104, pero la unidad móvil 105 está completamente 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, dentro del edificio 106, y la localidad de la unidad móvil 105. El nivel de señal del enlace de difusión de valor cuadrático medio (rms – Root Mean Square) $\hat{S}_1$, fuera del edificio 106 es mayor que el nivel de señal de rms $\hat{S}_2$ dentro del edificio, por la pérdida α de penetración en la pared. La pérdida α puede ser tal que $\hat{S}_2$ no está a un nivel suficientemente alto para que la unidad móvil 105 mantenga una comunicación fiable con la BTS1 101, o la BTS2 102 ó tanto con la BTS1 101 como con la BTS2 102. Además, el nivel de señal $\hat{S}_2$ puede ser tal que la unidad móvil 105 puede tener dificultad para establecer y mantener un enlace de comunicación con la BTS1 101 ó la BTS2 102, o tanto la con la BTS1 101 como con la BTS2 102, o el enlace de comunicación no tiene el rendimiento y fiabilidad seleccionados, en todas o en parte de las áreas en el interior de un edificio. El problema de la cobertura dentro del edificio 106 puede ser resuelto mediante más potencia de transmisión desde la BTS1 101 en el enlace descendente para combatir la pérdida de señal, por la pérdida, α, de penetración en la pared. El nivel de señal en el enlace de retorno de rms $\hat{S}`_1$, dentro del edificio 106 es mayor que el nivel de señal de rms $\hat{S}`_2$, fuera del edificio, por la pérdida $\alpha`$ de penetración en la pared. La pérdida $\alpha`$ puede ser tal que $\hat{S}`_2$ no esté a un nivel suficientemente alto para que la unidad móvil 105 mantenga una comunicación fiable con la BTS1 101, ó con la BTS2 102, o tanto con la BTS1 101 como con la BTS2 102. Además, el nivel de señal $\hat{S}`_2$ puede ser tal que la unidad móvil 105 puede tener dificultad para el establecimiento y mantenimiento de un enlace de comunicación con la BTS1 101, ó con la BTS2 102, o tanto con la BTS1 101 como con la BTS2 102, o el enlace de comunicación no tiene el rendimiento y fiabilidad seleccionados, en todas o en parte de las áreas del interior del edificio. El problema de la cobertura dentro del edificio 106 puede ser resuelto mediante más potencia de transmisión desde la unidad móvil 105 en el enlace ascendente para combatir la pérdida de señal, por la pérdida, $\alpha`$ de penetración en la pared. Habitualmente los pares de frecuencia del enlace de difusión y de retorno están suficientemente cerca, de manera que el nivel α es substancialmente similar al nivel $\alpha`$.

La FIGURA 4 representa una parte del enlace de difusión 230 del repetidor 200. La porción del enlace de difusión 230 en una forma simple proporciona mayor cobertura en interiores mediante la aceleración del nivel de señal en el edificio en el enlace de difusión de la red de telefonía móvil. La BTS1 213 tiene un canal de radio BCCH (canal de baliza) transmitido substancialmente cerca de $f1$. La BTS1 213 está en comunicación con la unidad móvil 214 a una frecuencia substancialmente cerca de $f1$ (la frecuencia de la portadora del BCCH) o de otra frecuencia de portadora, $f2$, que puede o no estar saltando de frecuencia. Puede o no haber otras frecuencias que son transmitidas por la BTS1 213, u otras estaciones de base en la misma área, que no se muestran en la FIGURA 4.

El dispositivo tiene dos unidades separadas, la “unidad de Red del enlace de Difusión” 201, que está situada donde existe una buena cobertura de señal, en interior o en exterior, y la “unidad de Usuario del enlace de Difusión” 202, que está situada donde no existe una buena cobertura de señal, en interior o en exterior. La unidad de Red del enlace de Difusión 201 está conectada a una antena 203, ajustada para operar en la banda de frecuencias de operación de la red de telefonía móvil. La unidad de Red del enlace de Difusión 201 está también conectada a una antena 204 ajustada para operar en bandas de la Infraestructura de Información Nacional Sin Licencia (conocida como de U-NII – Unlicensed National Information Infrastructure, en inglés), donde el sistema está diseñado para operar en bandas de espectro de U-NII. Sujeto a las leyes relevantes, el sistema puede estar también diseñado para operar en la banda de Servicios de Comunicaciones Personales Sin Licencia (U-PCS – Unlicensed Personal Communications Services, en inglés) o en la banda de frecuencias Industrial, Científica y Médica (ISM – Industrial, Scientific and Medical, en inglés). La elección de la frecuencia sin licencia depende del diseño del equipo y de la especificación del sistema. Las frecuencias definidas en la porción del espectro de radio conocidas como bandas de U-NII pueden ser implementadas en algunas realizaciones. Algunas modificaciones de diseño resultan útiles, para la operación en la banda ISM. Las modificaciones se refieren al factor de difusión de 10 mínimo especificado para la operación en la banda IMS, y a la máxima potencia de transmisión permitida. Si el sistema está diseñado para operar en la banda ISM, la señal puede utilizar además modulación / desmodulación de espectro y otras modificaciones para cumplir las especificaciones FCC 47 CFR Parte 15, subparte E.

Las bandas de frecuencia definidas para las operaciones de U-NII son como sigue:

1) 5,15 – 5,25 GHz @ Max potencia de Transmisión de 2,5 mW/MHz
2) 5,25 – 5,35 GHz @ Max potencia de Transmisión de 12,5 mW/MHz
3) 5,725 – 5,825 GHz @ Max potencia de Transmisión de 50 mW/MHz

Cualquier operación sin licencia en la banda de U-NII está permitida, con tal de que las transmisiones de la señal cumplan la especificación FCC 47 CFR Parte – 15. Así que la operación del amplificador descrito de manera general cumple los estándares de la FCC 47 CFR Parte – 15 (Subparte E para las frecuencias de U-NII). Las leyes habitualmente especifican la potencia de transmisión, los límites de emisión y los límites de la ganancia de la antena y son implementadas para un dispositivo aceptable.

La "Unidad de Usuario del enlace de Difusión" 202 está conectada a una antena 205 ajustada para operar en la misma banda de frecuencias que la antena 204, que es la banda de U-NII en algunas realizaciones. La unidad de Usuario del enlace de Difusión 202 está también conectada a una antena 206 ajustada para operar en la banda de operación de la red de telefonía móvil.

La antena 203 está conectada a una unidad de (Amplificador de Bajo Ruido) LNA (Low Noise Amplifier, en inglés) 207, que está además conectada a un filtro de paso de banda 232. La unidad de LNA 207 puede ser un amplificador de alto rendimiento, con una ganancia típica de 15 dB y una cifra de ruido de 1,5 dB con suficiente ancho de banda para cubrir la porción apropiada del espectro manual o automáticamente. El filtro de paso de banda 232 puede estar diseñado para pasar todo o una parte deseada del espectro de telefonía móvil interesado, o puede ser un banco de filtros de paso de banda superpuestos, que cubren todo el espectro del sistema de telefonía móvil interesado, con una conmutación de RF, de manera que la banda seleccionada y el ancho de banda puedan ser seleccionados. El filtro de paso de banda 232 está conectado al convertidor de frecuencia 208. El convertidor de frecuencia 208 es capaz de convertir la banda del espectro de operación de la red de telefonía móvil en una parte deseable del espectro de U-NII, e incluye componentes tales como mezcladores y filtros para una operación correcta. El convertidor de frecuencia 208 está conectado al transmisor de la unidad de Red del enlace de Difusión 209. La unidad de transmisor 209 está diseñada para operar en la banda de U-NII y cumple las leyes de FCC 47 CFR Parte – 15, subparte E, y puede ser tan simple 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 de WLAN tal como 802.11a. La unidad de transmisor 209 está conectada a la antena 204.

La antena 205 está conectada al receptor de la unidad de Usuario del enlace de Difusión 210, que está diseñada para recibir la señal transmitida por la unidad 201. El receptor 210 que está conectado al convertidor de frecuencia 211, puede ser tan simple cono un único LNA que opera en la banda de U-NII deseable de la operación del dispositivo, o puede estar mejor diseñado con funcionalidades adicionales tales como control de ganancia automático (AGC – Automatic Gain Control, en inglés), múltiples etapas de amplificación en cascada y filtros de selección de canales variables, o incluso un receptor de Red de Área Local Inalámbrica (WLAN – Wireless Local Area Network, en inglés) tal como 802.11a (donde la parte de transmisor del estándar 802.11a se utiliza en la unidad de Red 209). Si se utiliza el control de ganancia automatizado (AGC) en el receptor 210 y la unidad está diseñada para redes de telefonía móvil de Acceso Múltiple por División de Código (CDMA), el rendimiento se mejora seleccionando que el ancho de banda de AGC sea substancialmente menor que la tasa de repetición del control de potencia del sistema de CDMA, por ejemplo menor de 1,5 kHz en las redes de WCDMA, de manera que la operación de AGC no interfiere con el control de potencia de bucle cerrado. La unidad de convertidor de frecuencia 211, que está conectada a la unidad de receptor 210 y a la unidad de amplificador de ganancia variable 212, convierte las señales de entrada, de banda de U-NII, a las frecuencias de operación de la red de telefonía móvil, e incluye todos los componentes tales como mezcladores y filtros para una correcta operación. La unidad de convertidor de frecuencia 211 lleva a cabo la operación de conversión opuesta 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 está conectado al amplificador de Ganancia Variable (Variable Gain, en inglés) 212, que opera en la banda de frecuencias que opera en la red de telefonía móvil. El amplificador de ganancia variable 212 está conectado a la antena 206, que transmite señales con frecuencias substancialmente similares a las frecuencias transmitidas por la estación de base 213 y que cumple las especificaciones del sistema de telefonía móvil.

La señal radiada por la antena 208, que es una versión repetida amplificada de la señal incidente *original* recibida por la unidad de antena 203, experimentará alguna pérdida en el nivel de potencia, antes de volver y de *entrar de nuevo* en la antena 203. La señal *reintroducida* en la antena 203 se denomina en lo que sigue "Señal de Retorno de Enlace Descendente". La relación del valor de la señal de rms de la Señal de Retorno del Enlace Descendente respecto al valor de rms de la señal incidente *original* a la salida del terminador de la antena 203, estando los retardos del sistema y de la ruta de propagación entre las unidades de antena 208 y 203 eliminados, es la pérdida de ruta de la Señal de Retorno del Enlace Descendente, y se denomina en esta memoria "Pérdida de Ruta del Sistema del Enlace Descendente" y se denomina PL_{dl} (Down-Link returned signal Path Loss, en inglés).

Además, la "Ganancia de Enlace del Sistema de Enlace descendente", que se denomina en esta memoria G_{dl}, se define como "la relación del valor de la señal de rms a la entrada del terminador de la antena 208, con respecto al valor de la señal de rms, en el terminador de la antena 203, donde la Pérdida de Ruta del Sistema de Enlace Descendente, PL_{dl}, tal como se definió anteriormente, es infinita (por ejemplo, ninguna ruta de acoplamiento EM entre la antena 208 y la antena 203), y todos los retardos del sistema y de propagación de ruta (de la antena 203, a través del sistema hasta la antena 208) están eliminados".

La unidad de amplificador de ganancia variable 212 es ajustada de manera que la Ganancia del Enlace del Sistema de Enlace Descendente G_{dl}, es menor que la Pérdida de Ruta del Sistema de Enlace Descendente, PL_{dl}, en dg_{dl}, con el fin de evitar un bucle de "realimentación positiva" en el sistema, por ejemplo,

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

Debe observarse que todos los valores de PL_{dl}, G_{dl} y dg_{dl} están todos en dB. El valor de los intervalos de dg_{dl} de 0 a PL_{dl}, y puede asumirse que es 3 dB con el propósito de la descripción de esta memoria. No obstante, es posible seleccionar mejores valores para dg_{dl}, donde el rendimiento del sistema se optimiza más.

La FIGURA 5 representa una realización de la parte del enlace de retorno 330 de un repetidor 300. La porción de enlace de retorno 330 de una forma simple mejora la cobertura en interior acelerando el nivel de señal en un edificio en el enlace de retorno de la red de telefonía móvil hasta tal nivel que alcanza un rendimiento aceptable del enlace. La BTS1 302 tiene un canal de radio BCCH (canal de baliza) transmitido substancialmente cerca de $f1$, y un par de frecuencia, $f'1$ en el enlace de retorno. La BTS1 302 está en comunicación con la unidad móvil 324 a una frecuencia substancialmente cercana a $f'1$ (la frecuencia de la portadora del BCCH) o a otra frecuencia de portadora, $f'2$, que puede o no estar saltando de frecuencia. Puede o no haber otras frecuencias que son transmitidas por la BTS1 302, o por otras estaciones de base en la misma área, que no se muestran en la FIGURA 5.

El dispositivo tiene dos unidades separadas, la "unidad de Red del Enlace de Retorno" 326, que está situada donde existe una buena cobertura de señal, en interior y en exterior, y la "unidad de Usuario del Enlace de Retorno" 328, que está situada donde no existe una buena cobertura de señal, en interior o en exterior. La unidad de Red del enlace de Retorno 326 está conectada a una antena 304, sintonizada para operar en la banda de frecuencias de operación en la red de telefonía móvil. La unidad de Red del enlace de Retorno 326 está también conectada a una antena 312 ajustada para operar en bandas de Infraestructura de Información Nacional Sin Licencia (DE U-NII), donde el sistema está diseñado para operar en las bandas de U-NII. Sujeto a las leyes relevantes, el sistema puede también estar diseñado para operar en la banda de Servicios de Comunicaciones Personales Sin Licencia (U-PCS) o en la banda de frecuencias 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 porción del espectro de radio conocido como bandas de U-NII pueden ser utilizadas en algunos diseños de sistema. Algunas modificaciones de diseño son utilizadas para operación en la banda ISM. Las modificaciones se refieren al factor de difusión mínimo de 10 utilizado para la operación en la banda ISM, y a la máxima potencia de transmisión permitida. Si el sistema está diseñado para operar en la banda ISM, la señal utiliza además modulación / desmodulación de espectro de difusión y otras modificaciones para cumplir las especificaciones de FCC 47 CFR Parte – 15, subparte E.

Las bandas de frecuencia definidas para las operaciones de U-NII son como siguen:

1) 5,15 – 5,25 GHz @ Max potencia de Transmisión de 2,5 mW/MHz
2) 5,25 – 5,35 GHz @ Max potencia de Transmisión de 12,5 mW/MHz
3) 5,725 – 5,825 GHz @ Max potencia de Transmisión de 50 mW/MHz

Cualquier operación sin licencia en las bandas de U-NII está permitida, con tal de que las transmisiones de señal cumplan con la especificación FCC 47 CFR Parte – 15. La operación del amplificador ilustrativo cumple las especificaciones FCC 47 CFR Parte – 15 (subparte E para las frecuencias de U-NII).

La "Unidad de Usuario del enlace de Retorno" 328 está conectada a una antena 314 ajustada para operar en la misma banda de frecuencias que la antena 312, que es la banda de U-NII por ejemplo. La unidad de Usuario del enlace de Retorno 328 está también conectada a una antena 322 ajustada para operar en la banda de operación de la red de telefonía móvil.

La antena 322 está conectada a una unidad de LNA 320, que está además conectada a un filtro de paso de banda 321. La unidad de LNA 320 puede ser un amplificador de alto rendimiento con una ganancia típica de 15 dB y una cifra de ruido de 1,5 dB con suficiente ancho de banda para cubrir la porción apropiada del espectro. El filtro de paso de banda 321 puede estar diseñado para pasar toda o una parte deseada del espectro de telefonía móvil, o puede ser un banco de filtros de paso de banda superpuestos, que cubren el espectro completo del sistema de telefonía móvil interesado, con una conmutación de RF, de manera que la banda seleccionada y el ancho de banda pueden ser seleccionados manual o automáticamente. El filtro de paso de banda 321 está conectado al convertidor de frecuencia 318. El convertidor de frecuencia 318 es capaz de convertir la banda de espectro que opera en la red de telefonía móvil en una parte deseable del espectro de U-NII, e incluye todos los componentes tales como mezcladores y filtros para una correcta operación. El convertidor de frecuencia 318 está conectado con el transmisor de la unidad de Usuario del enlace de Retorno 316. La unidad de transmisor 316 está diseñada para operar en la banda de U-NII y cumple las leyes de FCC 47 CFR Parte – 15, subparte E, y puede ser tan simple como un único amplificador operando en la banda de operación de U-NII deseable, o un transmisor más complejo con amplificadores y filtros o incluso un transmisor de WLAN tal como el 802.11a. La unidad de transmisor 316 está conectada a la antena 314. La porción seleccionada de la banda de operación de U-NII para la parte del enlace de retorno del amplificador es diferente a la porción seleccionada de la banda de operación de U-NII para la parte del

enlace de Difusión del amplificador, y suficientemente separada, de manera que no se experimenta ninguna interferencia substancial provocada por la operación de un enlace u otro.

La antena 312 está conectada al receptor 310 de la unidad de Red del enlace de Retorno, que está diseñado para recibir la señal transmitida por la unidad 328. El receptor 310 que está conectado al convertidor de frecuencias 308, puede ser tan simple como un único LNA que opera en la banda de U-NII de la frecuencia de operación del dispositivo, o mejor puede estar diseñado con funcionalidades adicionales tales como control de ganancia automático (AGC), múltiples etapas de amplificación en cascada y filtros de selección de canal variable o incluso un receptor de WLAN tal como el 802.11a (donde la parte de transmisor del 802.11a se utiliza en la unidad de Usuario 316). Si se utiliza un control de ganancia automatizado (AGC) en el receptor 310 y la unidad está diseñada para redes de telefonía móvil de CDMA, se mejora el rendimiento seleccionando que un ancho de banda de AGC sea substancialmente menor que la tasa de repetición del control de potencia del sistema de CDMA, por ejemplo menor de 1,5 kHz en las redes de WCDMA, de manera que la operación de AGC no interfiera con el control de potencia de bucle cerrado. La unidad de convertidor de frecuencias 308, que está conectada a la unidad de receptor 310 y a la unidad de amplificador de ganancia variable 306, convierte las señales de entrada, de las frecuencias de operación de la banda de U-NII a las de la red de telefonía móvil, e incluye todos los componentes tales como mezcladores y filtros para una correcta operación. La unidad de convertidor de frecuencia 308 lleva a cabo la operación de conversión opuesta de la unidad del convertidor de frecuencia 318. El convertidor de frecuencia 308 está conectado al amplificador de ganancia variable 306, que opera en la banda de frecuencia que opera en la red de telefonía móvil. El amplificador de ganancia variable 306 está conectado a la antena 304. La antena 304 estará transmitiendo señales con frecuencias substancialmente similares a las frecuencias transmitidas por la unidad de telefonía móvil 324.

La señal radiada por la antena 304, que es una versión repetida amplificada de la señal incidente *original* recibida por la unidad de antena 322, experimentará alguna pérdida en el nivel de potencia, antes de volver y *entrar de nuevo* en la antena 322. La señal re-introducida en la antena 322 se denomina en lo que sigue “Señal de Retorno del Enlace Ascendente”. La relación del valor de la señal de rms de la Señal de Retorno del Enlace Ascendente, con respecto al valor de rms de la señal incidente *original*, a la salida del terminador de la antena 322, estando los retornos del sistema y de la ruta de propagación entre las unidades de antena 304 y 322 eliminados, es la pérdida de ruta de la Señal de Retorno del Enlace Ascendente, y se denomina en esta memoria “Pérdida de Ruta del Sistema del Enlace Ascendente” y se denomina PL_{ul} (Up-Link system Path Loss, en inglés).

Además, la “Ganancia del Enlace del Sistema del Enlace Ascendente” que en esta memoria se denomina G_{ul}, se define como “la relación del valor de la señal de rms a la entrada al terminador de la antena 304, con respecto al valor de la señal de rms, en el terminador de la antena 322, donde la Pérdida de Ruta del Sistema del Enlace Ascendente, PL_{ul}, tal como se ha definido anteriormente, es infinita (por ejemplo no hay ruta de acoplamiento EM entre la antena 304 y la antena 322), y todos los retardos del sistema y de la ruta de propagación (desde la antena 322, a través del sistema hasta la antena 304) están eliminados”.

La unidad de amplificador de ganancia variable 306 está ajustada de manera que la Ganancia del Enlace del Sistema de Enlace Ascendente, G_{ul}, es menor que la Pérdida de Ruta del sistema del Enlace Ascendente, PL_{ul}, en la cantidad del “margen de ganancia del Enlace Ascendente”, dg_{ul}, evitando un bucle de “realimentación positiva” en el sistema, por ejemplo,

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

Debe observarse que todos los valores de PL_{ul}, G_{ul} y dg_{ul} están en dB. El valor de dg_{ul} va de 0 a PL_{ul}, y puede asumirse que es 3 dB con el propósito de la descripción de esta memoria. No obstante, es posible seleccionar mejores valores para dg_{ul}, donde el rendimiento del sistema está más optimizado.

Habitualmente los pares de frecuencia de los enlaces de difusión y de retorno están suficientemente cerca, de manera que el nivel G_{ul} es substancialmente similar al nivel G_{dl}, y el nivel PL_{ul} es substancialmente similar al nivel de PL_{dl} y el nivel de dg_{ul} es substancialmente similar al nivel de dg_{dl}.

El código de identidad único de la unidad de amplificador y opcionalmente la ubicación del dispositivo pueden ser transmitidos a la red de telefonía móvil. La información puede ser utilizada para situar a un usuario en un entorno de interior, por ejemplo generando unos datos de tasa de bits baja fuertemente codificados (protegidos) que contienen un largo preámbulo conocido, el código de identidad único, opcionalmente la longitud y la latitud de la unidad de Red del enlace de retorno 326. La información puede a continuación ser puesta en forma de impulsos para una emisión espectral baja y superpuesta en la señal del enlace de retorno de un canal dado mediante un esquema de modulación apropiado, dentro de la unidad de Red del enlace de retorno 326. La elección del esquema de modulación depende del sistema de telefonía móvil que opere. Por ejemplo, para GSM, que disfruta de una modulación de envoltura constante tal como Codificación de Desfase Mínimo Gausiano (GMSK – Gaussian Minimum Shift Keying, en inglés), puede utilizarse la modulación de amplitud (con bajo índice de modulación). Para los sistemas de CDMA con un rápido control de potencia del enlace de retorno, puede utilizarse Codificación de Desfase Binario Diferencial (DBPSK – Differential Binary Phase Shift Keying, en inglés) como esquema de

modulación. La extracción de información de la señal del canal recibida en la estación de base puede implicar modificaciones del receptor de la estación de base, pero no afecta a la normal operación del enlace celular.

La FIGURA 6 muestra una 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 del enlace de Difusión 514 (201 en la FIGURA 4) y la unidad de Red del enlace de Retorno 516 (326 en la FIGURA 5) están ahora en una unidad, denominada en lo que sigue la unidad de Red 502. La unidad de Usuario del enlace de Difusión 518 (202 en la FIGURA 4) y la unidad de Usuario del enlace de Retorno (328 en la FIGURA 5) están ahora en una unidad de Usuario, denominada en lo que sigue la unidad de Usuario 504. En la FIGURA 6, la antena de transmisión / recepción 203 de la FIGURA 4 y la antena de transmisión / recepción 304 de la FIGURA 5 son reemplazadas por una única antena 506 y un filtro bidireccional 528. La unidad de filtro bidireccional 528 está diseñada para un rendimiento óptimo, y cumple las especificaciones para la operación celular. También, la antena de transmisión / recepción 204 de la FIGURA 4 y la antena de transmisión / recepción 312 de la FIGURA 5 son reemplazadas por una única antena 510 y un filtro bidireccional 524 en la FIGURA 6. Igualmente, la antena de transmisión / recepción 206 de la FIGURA 4 y la antena de transmisión / recepción 322 de la FIGURA 5 son reemplazadas por una única antena 512 y un filtro bidireccional 522 en la FIGURA 6. La unidad de filtro bidireccional 522 está diseñada para un rendimiento óptimo, y cumple con las especificaciones para la operación celular. El sistema de GSM es un sistema de FDD, y como tal las frecuencias del enlace de retorno son diferentes de las frecuencias del enlace de difusión. En tal sistema un filtro bidireccional proporciona una funcionalidad apropiada. No obstante, si la unidad de Red 502 y la unidad de Usuario 504 están diseñadas para un sistema de TDD, los duplexadores 528 y 522 pueden ser reemplazados por combinadores híbridos o “circuladores”. No obstante, los duplexadores 526 y 524 se utilizan todavía, puesto que las frecuencias del enlace de difusión y del enlace de retorno en la banda de U-NII se mantienen separadas (por ejemplo FDD). Con modificación mínimas, es posible que, en lugar de las antenas 508 y 510, se utilice un cable coaxial (tal como RG58 ó heliax de IS pulgadas) para conectar la unidad de Red 502 a la unidad de Usuario 504. En tal disposición, donde se utiliza cable coaxial para la conexión del enlace, aunque es posible, la conversión a una frecuencia superior para las bandas de U-NII es superflua, y el sistema puede operar manteniendo ser las señales del enlace de Difusión y de retorno a las frecuencias celulares originales.

El nivel de la potencia de transmisión para la Unidad de Red 502 en la banda celular está en el intervalo de menos 10 dBm a 37 dBm, con una sensibilidad del receptor del enlace descendente de aproximadamente -110 dBm a -120 dBm. El nivel de la potencia de transmisión para la Unidad de Usuario 504 en la banda celular está en el intervalo de -20 dBm a 0 dBm con una sensibilidad del receptor del enlace ascendente de aproximadamente -110 dBm a -120 dBm.

El sistema de amplificador descrito típicamente opera satisfactoriamente en escenarios limitados, en los que el aislamiento entre las antenas 506 y 512 es mayor que las Ganancias del Enlace del Sistema del Enlace ascendente y del enlace descendente. Para asegurar la correcta operación del sistema de amplificador en todas las condiciones de propagación y de operación, y sin la necesidad de las antenas direccionales, deben estar incluidas varias características en el diseño del sistema.

1. Puesto que tanto la unidad de Red 502 como la unidad de Usuario 504 son la mayoría del tiempo estacionarias una respecto a otra, y posiblemente a otros elementos de red tales como las estaciones de base, se utiliza diversidad de antenas (espacio) para operaciones de transmisión y de recepción.

2. Las señales transmitidas por la antena 506, en el enlace de retorno, están substancialmente en la misma banda de frecuencias de operación que las señales del enlace de retorno recibidas por la unidad de antena 512. Igualmente, las señales transmitidas por la antena 512, en el enlace de difusión, están substancialmente en la misma banda de frecuencias de operación que las señales del enlace de difusión recibidas por la unidad de antena 506. Como las señales recibidas por la unidad de Red del enlace de Difusión 514 son transmitidas a la unidad de Usuario del enlace de Difusión 518, a través de las unidades de antena 508 y 510, y además, como la señal recibida por la unidad de Usuario del enlace de Difusión 518 es a continuación amplificada antes de su retransmisión a través de la unidad de antena 512, existe un bucle de retroalimentación, a través de las antenas 512 y 506, entre las dos unidad de Red del enlace de Difusión 514 y unidad de Usuario del enlace de Difusión 518. Cualquier ganancia en el bucle provoca “realimentación positiva”, lo que resulta en una operación inestable, un fenómeno que es también cierto para la operación del enlace de retorno 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 de difusión la Ganancia del Enlace del Sistema de Enlace Descendente, G_{dl}, es menor que la Pérdida de Ruta del Sistema de Enlace Descendente, PL_{dl}, en dg_{dl}, con el fin de evitar un bucle de “reatroalimentación positiva” en el sistema, por ejemplo $G_{dl} = PL_{dl} – dg_{dl}$ (dB). Igualmente, en el enlace de retorno, la Ganancia del Enlace del Sistema en el Enlace Ascendente, G_{ul}, es menor que la pérdida de Ruta del Sistema en el Enlace Ascendente, PL_{ul}, en dg_{ul}, con el fin de 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 ser debidas al ensombrecimiento, a la distancia y al patrón de radiación de la antena y a la propagación de la multi ruta así como a la pérdida de penetración de la pared. Los niveles de estas pérdidas de propagación, PL_{ul} y PL_{dl}, no están directamente disponibles y son medidos.

3. Una operación continua y correcta de la unidad de Red 502 y de la unidad de Usuario 504 es monitorizada. Cualquier problema de operación en la unidad de Red 502 ó en la unidad de Usuario 504 puede resultar en transmisiones no deseadas en cualquiera de los enlaces de difusión o de retorno (o en ambos). Además, el sistema puede estar basado en que los canales de radio operan en bandas de frecuencia sin licencia, lo que es proclive a interferencias desde otros dispositivos sin licencia. También, la operación de la unidad de Red 502 y la unidad de Usuario 504 está coordinada. Por lo tanto un canal de señalización de control es insertado entre las dos unidades de Red 502 y de Usuario 504.

4. Los osciladores locales de la unidad de red 502 y de la unidad de Usuario 504 son substancialmente similares en frecuencia, puesto que cualquier error de frecuencia grande entre las unidades de Red 502 y de Usuario 504 resultará en un rendimiento inaceptable del enlace de telefonía móvil. En algunas realizaciones, una señal de control puede ser transmitida en un enlace de control de la unidad de Red 502 a la unidad de Usuario 504 y utilizada para la sincronización de los osciladores locales de las dos unidades. En otros ejemplos, una forma de onda de suministro de potencia eléctrica puede ser utilizada para la sincronización de los osciladores locales de las dos unidades.

5. En los repetidores convencionales un suficiente aislamiento entre antenas correspondiente a las antenas 512 y 506 en la realización ilustrativa es normalmente proporcionado mediante el uso de antenas direccionales. Tales antenas direccionales tienen inherentemente 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 señal en el tiempo y en el espacio adaptativas, que permiten que los requisitos de capacidad de direccionamiento de la antena se relajen.

Características avanzadas

Características avanzadas ilustrativas incluyen soluciones de diseño que resultan útiles en contar los problemas enumerados.

La FIGURA 7 muestra un sistema 600 que incluye la unidad de Red 602 (502 en la FIGURA 6) con las nuevas características de diseño incluidas. Dos antenas 610 y 608 son utilizadas para diversidad de antenas, en lugar de una sola antena 506 en la FIGURA 6. También dos antenas 636 y 638 se utilizan para diversidad de antenas, en lugar de una sola antena 512 en la FIGURA 6. Aunque cualquier esquema de combinación de diversidad tal como Combinación de Relación Máxima u otros pueden ser utilizados para la cadena del receptor, y pueden utilizarse esquemas de diversidad de transmisión tales como cambio de fase aleatorio en una o en las dos antenas para la cadena del transmisor, se sugiere en esta memoria un esquema simple que está basado en la diversidad de conmutación de antena para la parte del 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 612 conectado a los duplexadores 614 y 613 y a la unidad de Red 604 del enlace de Difusión lleva a cabo las 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 bidireccional 632 lleva a cabo las operaciones de conmutación para la operación de transmisión / recepción en la banda de U-NII de la unidad de Red 602. Los filtros bidireccionales 614 y 613 están también conectados a las antenas 610 y 608 por un lado, y a la unidad de Ponderación Compleja 648 por otro lado, así como a la unidad de conmutador de RF 612. La unidad de Ponderación Compleja 648 está conectada al divisor de potencia (combinador híbrido) 646 y al microcontrolador 626. El divisor de potencia (combinador híbrido) 646 está conectado a la unidad de Red 606 del enlace de Retorno a través del acoplador direccional 618. En una realización, todos los acopladores direccionales pueden ser acopladores direccionales de 17 dB. También, el filtro bidireccional 632 está conectado a la unidad de Red del enlace de Difusión 604 a través del acoplador direccional 630, y la unidad de Red del enlace de Retorno 606 está conectada a través del acoplador direccional 616. Los combinadores híbridos pueden de otro modo ser utilizados en lugar de los acopladores direccionales 618, 630 y 616. El LNA interno de la unidad de receptor 310 de la unidad de Red del enlace de Retorno 606 puede estar situado antes del acoplador direccional 616, o la recolocación del combinador híbrido, en el diagrama 600 en una configuración que puede resultar ventajosa en algunas realizaciones.

Una unidad de generador / transmisor de señal de calibración 622 está acoplada a la ruta del transmisor del enlace de retorno de la unidad de Red 602 a través del acoplador direccional 618. La unidad 622 proporciona una señal de sondeo de canales, que es utilizada para establecer las características del canal complejas entre las antenas 608 y 610 de la unidad de Red 602, y la entrada al receptor de la señal de calibración 620. La señal de sondeo de canales generada por la unidad 622 es transmitida a través de la unidad de ponderación compleja 648 y las antenas de diversidad 610 y 608 con un nivel de transmisión máximo, que está substancialmente por debajo de cualquier nivel de señal esperado de la red de telefonía móvil (por ejemplo 20 dB por debajo del nivel de señal celular esperado mínimo). El nivel de la señal de sondeo de canales transmitida combinada y la ganancia de procesamiento utilizados en la unidad del receptor de señal de calibración 620 son iguales a o menores que el Margen de Ganancia del enlace ascendente (dg_{ul}). La señal de sondeo de canales generada por la unidad 622 es una señal de espectro difundida de secuencia directa modulada mediante un código Pseudo Aleatorio (PN) conocido con una fase de código conocida (denominada en esta memoria “fase de “código propio”) y con una tasa de creación de chips comparable a los anchos de banda de operación de los enlaces de difusión y de retorno de la unidad de Red 602 y la unidad de Usuario 702 (en la FIGURA 8) (por ejemplo 5 Mchips/s para un ancho de banda de 5 MHz) y una

longitud de código mínima para proporcionar suficiente ganancia de procesamiento, que tiene también una duración de tiempo de código mayor que el retardo de la ruta esperado máximo. Una longitud de código de 1000 chips es adecuada para la mayoría de los escenarios. La señal de sondeo de canales puede ser transmitida de manera continua o transmitida sólo cuando sea requerido. Las fases de código son seleccionadas de manera que la diferencia de fase del código mínima sea mayor que el retardo de la ruta esperado máximo, medido en número de chips múltiple, y tras ello las fases del código deberían ser un entero múltiplo de la fase de código mínima. La unidad de receptor de la señal de calibración 620 está acoplada a la ruta de recepción del enlace de retorno de la unidad de Red 602 mediante al acoplador direccional 616. La unidad de receptor de señal de calibración 620, utilizando el código PN y la fase de código de transmisión conocidos, detecta y desmodula la señal de sondeo de canales transmitida por la unidad 622, la cual entra en la ruta del enlace de retorno mediante un mecanismo de bucle cerrado que existe entre la unidad de Red 602 y la unidad de Usuario 702 en la FIGURA 8, mostrada como unidad de Usuario 504 en la FIGURA 6. La unidad de receptor de la señal de calibración 620 está configurada para establecer la potencia y la fase de la señal recibida – la respuesta de 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 la señal de calibración 620. La unidad de receptor de la señal de calibración 620 establece la potencia y la fase de la señal recibida bien mediante una operación de correlación, similar a un buscador de ruta de receptor de RAKE, o mediante una operación de inversión de matriz en un bloque apropiado de la señal recibida muestreada, explicado con más detalle en el apéndice A. La unidad de receptor de la señal de calibración 620 incluye muchas sub-unidades, que incluyen un convertidor de frecuencia, para devolver la señal de calibración a las frecuencias de la estación de base y otras unidades tales como convertidores A/C (Alterna/Continua) y procesadores de banda de base para ejecutar algoritmos de estación de base que no se muestran en el diagrama. La fase del código PN puede ser asignada de manera única, u obtenida de acuerdo con un algoritmo aleatorio, de manera que la probabilidad de que dos unidades tengan la misma fase de código puede ser muy baja. También son posibles otras estrategias de asignación de desfase, tales como asignación dinámica, donde el desfase del código es seleccionado si no se ha detectado ninguno de tales desfases en esa área geográfica. La característica permite que el receptor de la señal de calibración 620 sea capaz de escanear y recibir las fases de “otro código”, y por ello establecer si cualquier otra señal se acopla a o desde otras unidades que pueden operar en la misma área geográfica. Puede utilizarse más de una fase de código para establecer la respuesta al impulso del canal complejo de manera que la probabilidad de detección por parte de otros sistemas sea mayor. El código PN utilizado para la señal de sondeo de canales puede ser modulado con información acerca de la identidad de la unidad de Red 602. La frecuencia de portadora de la señal de sondeo de canales transmitida puede estar en la banda de frecuencias celulares de operación. No obstante, pueden utilizarse frecuencias de portadora en otras bandas, tales como la banda IMS a 2,4 GHz, para la transmisión de la señal de sondeo de canales. Cuando se utilizan frecuencias de portadores en las otras bandas, la frecuencia de portadora del generador y el transmisor 622 de la señal de calibración está situada lo más cerca posible de la banda de frecuencia de operación. La velocidad de creación de chips y la potencia de transmisión del código PN de la señal de sondeo de canales son implementadas de una manera que la señal de sondeo de canales cumple las reglas de FCC 47 CFR Parte – 15. La banda ISM no es la misma que la banda de operación celular, pero está suficientemente cerca como para permitir que el sistema proporcione cobertura a las ponderaciones del algoritmo espacial y establezca las ponderaciones W_0 y W_1 utilizadas en la unidad de ponderación compleja 648. Cualquier diferencia de antena y de propagación en el comportamiento de una potencia de señal media y de antena entre las bandas de operación de ISM y celular pueden ser tenidas en cuenta en una implementación de operación.

La unidad de ID del Equipo y de frecuencia de referencia 624 básicamente genera una señal de Codificación de Desfase Binario (BPSK), modulada por el número de ID del equipo y situada en una parte adecuada de la banda de U-NII, y es acoplada en la ruta del transmisor del enlace de difusión de la unidad de Red 602 mediante el acoplador direccional 630. La unidad está “bloqueada en frecuencia” al oscilador local de la unidad de Red 602. La frecuencia de la portadora de la señal es seleccionada para evitar una interferencia inaceptable a la señal celular principal en la ruta de transmisión del enlace de difusión de la unidad de Red 602, pero está suficientemente cerca para un óptimo ancho de banda de transmisión. Donde la unidad de Red 602 y la unidad de Usuario 702 utilizan el suministro de electricidad de la red para sus operaciones, los osciladores de 60 Hz ó 50 Hz pueden ser utilizados para “bloquear” los osciladores locales de las dos unidades a una fuente de frecuencia común. Los osciladores de red de 60 Hz ó 50 Hz son convertidos, mediante circuitos adecuados, a la frecuencia seleccionada para la operación de la unidad de Red 602 y de la unidad de Usuario 702.

La unidad de Enlace de Control 628 es un enlace de radio entre dos, la unidad de Red 602 y la unidad de Usuario 702 en la FIGURA 8. Puede ser un enlace de propietario simple que opera en una de las bandas de frecuencia sin licencia, o puede ser una señalización de control en banda, multiplex con la ruta 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 frecuencias sin licencia. La unidad de enlace de control 628 está conectada a la unidad de microcontrolador 626, y es capaz de comunicarse a través de una interfaz apropiada. La unidad de enlace de control 628 está también conectada a la antena 644 y 642 para la transmisión y recepción de las señales de control. Si el ancho de banda de operación y las frecuencias permiten, con modificaciones mínimas a la unidad 602, las unidades de antena 636 y 638 pueden también ser utilizadas para la operación de la unidad de enlace de control 628. En algunas realizaciones, la unidad de Usuario 702 puede ser un simple dispositivo con todas las funcionalidades de procesamiento de señal y 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 banda para ajustar el ancho de banda y la ganancia del sistema en la unidad de Usuario 702. Siempre que el ancho de banda de la antena lo permita, con mínimas modificaciones a la unidad 602, las unidades de antena 636 y 638 pueden ser también utilizadas para operaciones de la unidad de enlace de control 628.

La unidad de microcontrolador 626 puede ser un simple microprocesador tal como ARM7 ó ARM9 con memoria e interfaces adecuadas. La unidad de microcontrolador 626 está controlando la operación de la unidad de Red 602, y puede efectuar algún acondicionamiento y procesamiento de señal adicional tal como promediación del nivel de señal, estimación y algoritmos adaptativos tales como Mínimos Cuadráticos (LMS – Least Mean-Square, en inglés) y Mínimos Cuadrados Recursivos (RLS – Recursive Least Squares, en inglés), donde resulte útil. Operaciones de la unidad de microcontrolador 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 de la FIGURA 8 mediante la unidad de enlace de control 628, comunicar y controlar el generador y el transmisor 622 de la señal de calibración y el receptor 620 de la señal de calibración, operar conmutación para diversidad de antenas del receptor y monitorizar la correcta operación de la unidad de Red 602 y de la unidad de Usuario 702. La unidad de microcontrolador 626 está conectada a las unidades 627, 628, 622, 606, 604, 620, 648 y 624, así como a los interruptores de RF 634 y 612. El microcontrolador 626, utilizando la respuesta al impulso del canal complejo a la salida de la unidad de receptor 620 de la señal de calibración y utilizando Mínimos Cuadráticos (LMS), Mínimos Cuadráticos Recursivos (RLS), QR-RLS, o descomposición de QR, calcula los valores de los pesos complejos W_0 y W_1 de manera que la respuesta al impulso del canal complejo a la salida de la unidad de receptor de la señal de calibración 620 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 está adaptado dentro del canal de propagación, permitiendo la ERP (Potencia Radiada Efectiva – Effective Radiated Power, en inglés) global posible máxima de las antenas 608 y 610, y por ello la huella de cobertura máxima.

Las unidades 628, 622, 606, 604, 620, 648, 624 están todas conectadas a la unidad de oscilador local 640, y obtienen las 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, interruptor dipolar simple o dispositivo similar, está conectado a la unidad de microcontrolador 626. La unidad de Red 602 tiene un único “código de identidad”, que puede ser ajustado mediante la unidad de interfaz de usuario 627, es accesible por parte de la unidad de microcontrolador 626, y puede ser comunicado a la unidad de microcontrolador 728 de la unidad de Usuario 702, o a cualquier otra unidad de Usuario que puede estar dentro del alcance de operación de la unidad de Red 602.

La FIGURA 8 muestra una realización de un repetidor 700 que incluye la unidad de Usuario 702 (504 en la FIGURA 6) con las nuevas características de diseño incluidas. Dos antenas 734 y 736 se utilizan para diversidad de antenas, en lugar de una única antena 512 en la FIGURA 6. También, dos antenas 704 y 706 se utilizan para diversidad de antenas, en lugar de una única antena 510 en la FIGURA 6. Aunque puede utilizarse cualquier esquema de combinación de diversidad tal como Combinación de Relación Máxima, etc. para la cadena del receptor, y esquemas de diversidad de transmisión tales como el cambio de fase aleatorio en una o en las dos antenas para la cadena del transmisor, puede implementarse un esquema simple que se basa en la diversidad de conmutación de antenas para el receptor. La conmutación puede ser continua o basada en el nivel de potencia de señal recibida. Por lo tanto, el conmutador de RF 732 conectado a los duplexadores 754 y 756 y a la unidad de Usuario del enlace de Retorno 726 lleva a cabo operaciones de conmutación para la operación de recepción celular de la unidad de Usuario 702. También, el conmutador de RF 712 conectado a las antenas 704 y 706 y al filtro bidireccional 714 lleva a cabo las operaciones de conmutación para la operación de transmisión / recepción de la banda de U-NII de la unidad de Usuario 702. Los filtros bidireccionales 754 y 756 están también conectados a las antenas 734 y 736 por un lado, a la unidad de Ponderación Compleja 748 por otro lado, así como a la unidad de conmutador de RF 732. La unidad de Ponderación Compleja 748 está conectada al divisor de potencia (combinador híbrido) 745 y al microcontrolador 728. El divisor de potencia (combinador híbrido) 745 está conectado a la unidad de Usuario del enlace de Difusión 724 mediante el acoplador direccional 746. Todos los acopladores direccionales que hay dentro pueden ser acopladores direccionales de 17 dB. También, el filtro bidireccional 714 puede estar conectado a la unidad de Usuario del enlace de difusión 724 mediante los acopladores direccionales 740 y 718, y también conectado a la unidad de Usuario del enlace de Retorno 726. El LNA interno del receptor 210 de la unidad de Usuario del enlace de difusión 328 puede estar situado antes de los acopladores direccionales 718 y 740 en el diagrama 700, una configuración que puede mejorar el rendimiento.

Una unidad de generador / transmisor de la señal de calibración 744 está acoplado a la ruta del transmisor del enlace de difusión de la unidad de Usuario 702 mediante el acoplador direccional 746. La unidad 744 genera una señal de sondeo de canales, 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 de la señal de calibración 742. La señal de sondeo de canales generada por la unidad 744 es transmitida mediante la unidad de ponderación compleja 748 y las antenas de diversidad 734 y 736 con un nivel de transmisión máximo que está substancialmente por debajo de cualquier nivel de señal esperado de la red de telefonía móvil, por ejemplo 20 dB por debajo del nivel de señal celular esperado mínimo. El nivel de la señal de sondeo de canales transmitida y la ganancia de procesamiento combinados utilizado en la unidad de receptor de la señal de calibración 742 es menor o igual que el Margen de Ganancia del enlace descendente, dg_{dl}. La señal de sondeo de canales generada por la unidad 744 es una señal de espectro extendido de secuencia directa modulada mediante un código Pseudoaleatorio (PN) conocido con una fase

de código conocida, por ejemplo denominada fase “de código propio”, y que tiene una tasa de creación de chips comparable a los enlaces de transmisión y de retorno de la unidad de Usuario 702 y de la unidad de Red 602 mostrada en los anchos de banda de operación de la FIGURA 7 de, por ejemplo 5 Mchips/s para un ancho de banda de 5 MHz. El código PN también puede tener la longitud de código mínima suficiente para suministrar una ganancia de procesamiento adecuada y que excede el retardo de ruta esperado máximo. Una longitud del código PN de 1000 chips es adecuada para la mayoría de los escenarios. La señal de sondeo de canales puede ser transmitida de manera continua o transmitida sólo cuando es evocada por ciertas condiciones. Las fases del código son seleccionadas de manera que la diferencia de fase de código mínima es mayor que el retardo de ruta esperado máximo medido en múltiples chips. Las fases del código subsiguientes pueden ser un entero múltiplo de la fase de código mínima. La unidad de receptor de la señal de calibración 742 está acoplada a la ruta de recepción del enlace de difusión 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 canales transmitida por la unidad 744. La señal de sondeo de canales entra en la ruta del enlace de retorno mediante el mecanismo de bucle cerrado entre la unidad de Usuario 702 y la unidad de Red 602 de la FIGURA 7, también conocida como unidad 502 en la FIGURA 6. La unidad de receptor de la señal de calibración 742 está adaptada para establecer la potencia y fase de la señal recibida. Existe una respuesta al impulso del canal complejo entre las salidas combinadas de las antenas 734 y 736 de la unidad de Usuario 702, y el terminal de entrada al receptor de la señal de calibración 742. La unidad de receptor de la señal de calibración 742 ajusta la magnitud y la fase de la señal recibida bien mediante una operación de correlación, por ejemplo similar al buscador de ruta del receptor RAKE, o mediante una operación de inversión de matriz en un bloque apropiado de la señal recibida muestreada, como se describe en el apéndice A. La unidad de receptor de la señal de calibración 742 incluye muchas subunidades, tales como un convertidor de frecuencia que devuelve la señal de calibración a las frecuencias de la banda de base y otras unidades tales como convertidores A/C (Alterna/Continua) y procesadores de banda de base para ejecutar algoritmos de banda de base. Las sub-unidades no se muestran en el diagrama. La fase del código PN puede ser asignada de manera única u obtenida de acuerdo con un algoritmo aleatorio de manera que la probabilidad de que dos unidades tengan la misma fase de código es muy baja. Otras estrategias de asignación de desfase de código son también posibles. Por ejemplo, la asignación dinámica puede ser utilizada de manera que el desfase de código pueda ser seleccionado para evitar otros desfases iguales en la misma área geográfica. La asignación dinámica permite que el receptor de la señal de calibración 742 escanee y reciba fases de “otro código” y por ello establezca si alguna otra señal se acopla a o desde otras unidades de que pueden estar operando en la misma área geográfica. Además, puede utilizarse más de una fase de código para establecer la respuesta al impulso del canal complejo de manera que la probabilidad de detección por parte de otros sistemas aumente. El código PN utilizado para la señal de sondeo de canales puede ser modulado con información acerca de la identidad de la unidad de Usuario 702. La frecuencia de la portadora de la señal de sondeo de canales transmitida puede estar en la banda de frecuencias celular de operación. No obstante, frecuencias de portadoras en otras bandas tales como la banda ISM a 2,4 GHz pueden ser utilizadas para la transmisión de la señal de sondeo de canales. El uso de otras bandas permite que la frecuencia de portadora del generador de la señal de calibración y del transmisor 744 estén situadas lo más cerca posible de la banda de frecuencia de operación. La tasa de creación de chips y la potencia de transmisión del código PN de la señal de sondeo de canales son seleccionadas de manera que la señal de sondeo de canales cumple con las reglas del FCC 47 CFR Parte – 15. La banda ISM, aunque diferente de la banda de operación celular, está 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 ponderación compleja 748. Cualquier diferencia en la antena y en la propagación en la potencia de señal media y en el comportamiento de la antena entre las bandas de operación ISM y celular puede ser investigada en la fase de diseño y tenida en cuenta en el diseño final del sistema.

La unidad de receptor de la señal de Referencia 716, que es capaz de recibir la señal transmitida generada por el ID de equipo y la unidad de frecuencia de referencia 624 de la FIGURA 7, está conectada al acoplador direccional 718. El receptor es capaz de extraer la frecuencia de referencia y el código de ID transmitidos por el ID de equipo de la unidad de Red 602 y el generador de frecuencias de referencia 624. La frecuencia de referencia extraída es a continuación utilizada para proporcionar un oscilador local de referencia 722. El acoplador direccional 718 está conectado a la unidad de Usuario del enlace de Difusión 724.

La unidad de Usuario del enlace de Retorno 726 está conectada al filtro bidireccional 714. La señal de referencia y la unidad de oscilador local 722 pueden alternativamente estar basadas en el oscilador de la unidad del enlace de control 720, si la unidad 726 es capaz de bloquear la frecuencia de portadora de la señal recibida que ha sido transmitida por la unidad del enlace de control 628 de la unidad de Red 602.

La unidad del Enlace de Control 720 es un enlace de radio entre las dos, la unidad de Red 602 y la unidad de Usuario 702. Puede ser un enlace propietario que opera en una de las bandas de frecuencias sin licencia, o puede ser un enlace inalámbrico estándar tal como 802.11b, 802.11a o Bluetooth, diseñado para operar en banda sin licencia. La unidad de enlace de control 720 está conectada a la unidad de microcontrolador 728, y es capaz de comunicarse a través de una interfaz apropiada. La unidad de enlace de control 720 está también conectada a las antenas 708 y 710 para la transmisión y recepción de las señales de control. Debe observarse que siempre que el ancho de banda de la antena y la frecuencia de operación lo permitan, con modificaciones mínimas a la unidad 702, las unidades de antena 704 y 706 pueden ser también utilizadas para operaciones de la unidad de enlace de control 720.

La unidad de microcontrolador 728 es un microprocesador simple tal como ARM7 ó ARM9 con memoria e interfaces apropiadas. La unidad de microcontrolador 728 está controlando la operación de la unidad de Usuario 702 y puede llevar a cabo algún acondicionamiento y procesamiento de señal adicional tal como promediación y estimación del nivel de señal y algoritmos de estimación y adaptativos tales como LMS y RLS en condiciones adecuadas. La unidad de microcontrolador 728 puede establecer anchos de banda de operación y establecer pesos W_0 y W_1 para comunicarse con y controlar la unidad de Red 602 de la FIGURA 7 mediante la unidad de enlace de control 720, y comunicarse con y controlar el generador de la señal de calibración y el transmisor 744 y el receptor de la señal de calibración 742. La unidad de microcontrolador 728 puede también operar conmutando para diversidad de antenas de receptor y monitorizar la correcta operación de la unidad de Usuario 702. La unidad de microcontrolador 728 está conectada a las unidades 720, 742, 744, 716, 748, 726 y 724, así como a los conmutadores de RF 732 y 712. El microcontrolador 728 puede utilizar una respuesta al impulso del canal complejo a la salida de la unidad de receptor de la señal de calibración 742 y utilizar Mínimos Cuadráticos (LMS), Mínimos Cuadráticos Recursivos (RLS), QR-RLS o descomposición de QR para calcular valores óptimos de los pesos complejos W_0 y W_1 de manera que la respuesta al impulso del canal complejo recibida a la salida de la unidad de receptor de la señal de calibración 742 es reducida o minimizada. Con la disposición de pesos de transmisión descrita, el aislamiento de RF para las frecuencias de enlace descendente entre la unidad de Usuario 702 y la unidad de Red 602 está adaptado en del canal de propagación, permitiendo un ERP (Potencia Radiada Efectiva) global posible máxima de las antenas 734 y 736 y una huella de cobertura máxima.

Las unidades 720, 726, 724, 742, 744, y 728 se representan conectadas a la unidad de oscilador local 722 y obtienen las frecuencias de reloj y de referencia de la señal del oscilador local 722. Una unidad de interfaz de usuario simple 721, por ejemplo, un teclado o un interruptor dip, puede estar conectada a la unidad de microcontrolador 728. La unidad de Red 702 tiene un “código de identidad” único que puede ser establecido por la unidad de interfaz de usuario 721, es accesible para la unidad de microcontrolador 728, y puede ser comunicada a la unidad de microcontrolador 626 de la unidad de Red 602 ó a otras unidades de Red o de Usuario que pueden estar dentro del alcance de operación de la unidad de Usuario 702.

Técnicas, tales como el uso de la polarización vertical para las unidades de antenas 610 y 608, y la polarización horizontal para las antenas 734 y 736 puede además mejorar el rendimiento del sistema. También es posible mejorar el rendimiento del sistema mediante el uso de antenas direccionales, como en los sistemas de amplificador y repetidor convencionales.

El código de identidad único de la unidad de Red 602 y opcionalmente la ubicación del dispositivo pueden ser transmitidos a la red de telefonía móvil. La información puede ser utilizada para localizar a un usuario en un entorno de interior, por ejemplo generando datos fuertemente codificados (protegidos), de tasa de bits baja, que contienen un largo preámbulo conocido, el código de identidad único y opcionalmente la longitud y la latitud de la unidad de Red 602. A la información puede entonces dársele forma de impulsos para baja filtración espectral y ser superpuesta en la señal de enlace de retorno de un canal dado 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 Codificación de Desfase Mínimo Gausiano (GMSK), puede utilizarse modulación de amplitud (con bajo índice de modulación). Para los sistemas de Acceso Múltiple por División de Código (CDMA), con rápido control de potencia de enlace de retorno, puede utilizarse Codificación de Desfase Binario Diferencial (DBPSK) como esquema de modulación. La extracción de la información anteriormente mencionada de la señal del canal recibido en la estación de base puede implicar modificaciones del receptor de la estación de base, pero no afecta a la normal operación del enlace celular.

Otras características, aspectos y realizaciones se proporcionan a continuación en los siguientes puntos:

Punto 1: Un repetidor que media tráfico entre un transmisor receptor de red y un transmisor receptor de usuario en un sistema de comunicación inalámbrica que comprende: una unidad de red que mantiene un enlace de red con el transmisor receptor de red; una unidad de usuario que mantiene un enlace de usuario con el transmisor receptor de usuario; una ruta de comunicación bidireccional entre la unidad de red y la unidad de usuario adaptada para comunicar señales entre el transmisor receptor de red y el transmisor receptor de usuario en saltos de repetidor autónomos entre el transmisor receptor de red y la unidad de red, entre el transmisor receptor de usuario y la unidad de usuario, y entre la unidad de red y la unidad de usuario incluyendo transmisión de enlace descendente de la unidad de red a la unidad de usuario y transmisión de enlace ascendente de la unidad de usuario a la unidad de red; y una unidad de detención acoplada a la unidad de red y la unidad de usuario adaptada para detectar temporización de tramas de transmisiones de enlace descendente y de enlace ascendente respectivamente detectando una secuencia de preámbulo de transmisiones de enlace descendente y/o de enlace ascendente.

Punto 2: El repetidor de acuerdo con el punto 1 que comprende: la unidad de detención configurada para permitir a la unidad de red y a la unidad de usuario detectar el inicio del enlace descendente por parte de la unidad de red y/o detectar el inicio del enlace ascendente por parte de la unidad de usuario en un canal de baliza.

Punto 3: El repetidor de acuerdo con el Punto 1 que comprende además: la unidad de detección configurada para permitir a la unidad de red y a la unidad de usuario detectar el inicio del enlace descendente por parte de la unidad de red y/o detectar el enlace ascendente por parte de la unidad de usuario en un canal de baliza.

Punto 4: El repetidor de acuerdo con el Punto 1 que comprende además: la unidad de detección configurada para permitir a la unidad de red y a la unidad de usuario detectar el inicio del enlace descendente por parte de la unidad de red y/o detectar el inicio del enlace ascendente por parte de la unidad de usuario en un canal de difusión.

Punto 5: El repetidor de acuerdo con el Punto 1 que comprende además: la unidad de detección configurada para permitir a la unidad de red y a la unidad de usuario detectar el inicio del enlace descendente por parte de la unidad de red y/o detectar el inicio del enlace ascendente por parte de la unidad de usuario en un canal de tráfico.

Punto 6: El repetidor de acuerdo con el Punto 1 que comprende además: la unidad de detección configurada para detectar en tiempo y/o frecuencia el preámbulo.

Punto 7: El repetidor de acuerdo con el Punto 1 que comprende además: la unidad de detección adaptada para detectar la temporización de tramas de las transmisiones Bidireccionales por División de Tiempo (TDD) de enlace descendente y de enlace ascendente respectivamente detectando una secuencia de preámbulo de las transmisiones de enlace descendente y/o de enlace ascendente.

Punto 8: El repetidor de acuerdo con el Punto 1 que comprende además: la unidad de detección adaptada para detectar un inicio de temporización de trama de una transmisión Bidireccional por División de Tiempo (TDD) simétrica de enlace descendente y pasar el inicio de la temporización de trama a la unidad de usuario; y la unidad de usuario adaptada para controlar la temporización de la transmisión de TDD de acuerdo con el inicio de la temporización de trama.

Punto 9: El repetidor de acuerdo con el Punto 1 que comprende además: la unidad de detección adaptada para detectar la temporización de trama de una transmisión Bidireccional Por División de Tiempo (TDD) simétrica de enlace descendente y pasar la temporización de trama a la unidad de usuario; y la ruta de comunicación bidireccional configurada para transmitir una señal de calibración en uno de enlace de difusión o enlace de retorno a la vez lo que resulta en una señal de sondeo, y responder pasando la señal de calibración en un enlace opuesto en una siguiente trama de transmisión.

Punto 10: El repetidor de acuerdo con el Punto 1 que comprende además: la unidad de detección adaptada para detectar el inicio y el fin de temporización de trama de una transmisión Bidireccional por División de Tiempo (TDD) asimétrica de enlace descendente y pasar la temporización de trama a la unidad de usuario; y la unidad de red adaptada para detectar un cambio en el patrón de transmisión y enviar información a la unidad de usuario por lo que tanto la unidad de red como la unidad de usuario conmutan al modo de recepción para detectar un preámbulo en una trama entrante.

Punto 11: El repetidor de acuerdo con el Punto 10 que comprende además: la unidad de detección adaptada para detectar el final de temporización de trama detectada como un cambio de nivel de la señal recibida.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de repetidor (230, 330) que media tráfico entre un transmisor receptor de red (213, 302) y un transmisor receptor de usuario (214, 324) en un sistema de comunicación inalámbrico, comprendiendo el sistema de repetidor:

una unidad de red (502, 602) que mantiene un enlace de red con el transmisor receptor de red;
una unidad de usuario (504, 702) que mantiene un enlace de usuario con el transmisor receptor de usuario, incluyendo la unidad de usuario antenas de unidad de usuario (704, 706, 708, 710, 734, 736) y una unidad de receptor de señal de calibración (742);
una unidad de controlador (728) que está configurada para controlar la operación de la unidad de red (502, 602) y para establecer un ancho de banda de operación:
una ruta de comunicación bidireccional entre la unidad de red (502, 602) y la unidad de usuario (504, 702)
10 adaptada para comunicar señales entre el transmisor receptor de red (213, 302) y el transmisor receptor de usuario (214, 324) en saltos de repetidor autónomos entre el transmisor receptor de red (213, 302) y la unidad de red (502, 602), entre el transmisor receptor de usuario (214, 324) y la unidad de usuario (504, 702), y entre la unidad de red (502, 602) y la unidad de usuario (504, 702) incluyendo la transmisión de enlace descendente de la unidad de red (502, 602) a la unidad de usuario (504, 702) y la transmisión de enlace ascendente de la unidad de usuario (504, 702) a la unidad de red (502, 602);
una unidad de detección acoplada a la unidad de red (502, 602) adaptada para detectar la temporización de trama de transmisiones de enlace descendente detectando una secuencia de preámbulo de transmisiones de enlace descendente y una unidad de detección acoplada a la unidad de usuario (504, 702) adaptada para detectar la temporización de trama de las transmisiones de enlace ascendente detectando una secuencia de preámbulo de las transmisiones de enlace ascendente; y
una unidad de generador / transmisor de la señal de calibración (744) acoplado a una ruta de transmisor del enlace de difusión de la unidad de usuario (504, 702), que genera una señal de sondeo de canales para establecer características de canal complejo entre las antenas de la unidad de usuario y un terminal de entrada a la unidad de receptor de la señal de calibración (742),
donde la señal de sondeo de canales generada por la unidad de generador / transmisor de señal de calibración (744) es transmitida por medio de la unidad de ponderación compleja (748) y las antenas de la unidad de usuario (704, 706, 708, 710, 736) con un nivel de transmisión máximo que está por debajo de un nivel de señal esperado del transmisor receptor de red (213, 302),
donde el controlador (728) está adaptado para utilizar una respuesta al impulso del canal complejo a una salida de la unidad de receptor de la señal de calibración (742) para calcular valores de pesos complejos de manera que la salida de la unidad de receptor de la señal de calibración (742) se reduce en magnitud;
donde la unidad de detección acoplada a la unidad de red (502, 602) está configurada para permitir a la unidad de red (502, 602) detectar el inicio del enlace descendente, y la unidad de detección acoplada a la unidad de usuario (504, 702) está configurada para permitir a la unidad de usuario (504, 702) detectar el inicio del enlace ascendente, y
donde las unidades de detección están adaptadas para detectar el fin de la temporización de trama detectado como un cambio de nivel de la señal recibida.

2. El sistema de repetidor de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la unidad de detección está configurada para permitir a la unidad de red y a la unidad de usuario detectar el inicio del enlace descendente por parte de la unidad de red y/o detectar el inicio del enlace ascendente por parte de la unidad de usuario en un canal de baliza.

3. El sistema de repetidor de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la unidad de detección está configurada para permitir a la unidad de red y a la unidad de usuario detectar el inicio del enlace descendente por parte de la unidad de red y/o detectar el inicio del enlace ascendente por parte de la unidad de usuario en un canal de control.

4. El sistema de repetidor de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la unidad de detección está configurada para permitir a la unidad de red y a la unidad de usuario detectar el inicio del enlace descendente por parte de la unidad de red y/o detectar el inicio del enlace ascendente por parte de la unidad de usuario en un canal de emisión.

5. El sistema de repetidor de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la unidad de detección está configurada para permitir a la unidad de red y a la unidad de usuario detectar el inicio del enlace descendente por parte de la unidad de red y/o detectar el inicio del enlace ascendente por parte de la unidad de usuario en un canal de tráfico.

6. El sistema de repetidor de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la unidad de detección está configurada para detectar en tiempo y/o frecuencia el preámbulo

7. El sistema de repetidor de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la unidad de detección está adaptada para detectar el inicio de la temporización de trama de una transmisión Bidireccional por División de Tiempo (TDD) simétrica de enlace descendente y pasar el inicio de la temporización de trama a la unidad de usuario; y la unidad de usuario adaptada para controlar la temporización de la transmisión de TDD de enlace ascendente de acuerdo con el inicio de la temporización de trama.

8. El sistema de repetidor de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la unidad de detección está adaptada para detectar la temporización de trama de una transmisión Bidireccional por División de Tiempo (TDD) simétrica de enlace descendente y pasar la temporización de trama a la unidad de usuario; y la ruta de comunicación bidireccional configurada para transmitir una señal de calibración en uno del enlace de difusión o del enlace de retorno a la vez que resulta en una señal de sondeo, y responder pasando la señal de calibración en un enlace opuesto en una trama de transmisión siguiente.

9. El sistema de repetidor de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la unidad de detección está adaptada para detectar el inicio y el fin de la temporización de trama de una transmisión Bidireccional por División de Tiempo (TDD) asimétrica de enlace descendente y pasar la temporización de trama a la unidad de usuario; y la unidad de red adaptada para detectar un cambio en el patrón de transmisión y enviar información por la cual la unidad de red y la unidad de usuario conmutan al modo de recepción para detectar un preámbulo de una trama entrante.

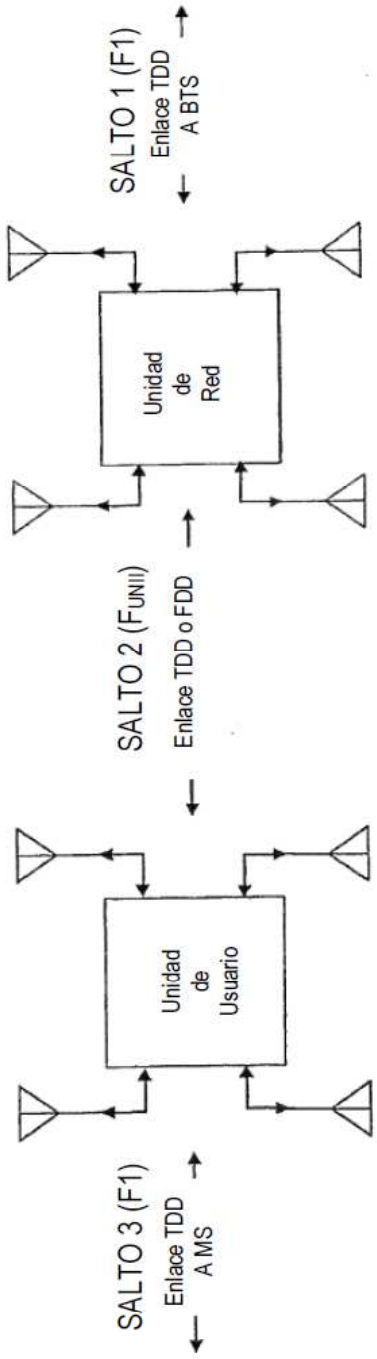

SALTO 1 (F1)
Enlace TDD
A BTS
Unidad
de
Red
SALTO 2 (F_{UNII})
Enlace TDD o FDD
Unidad
de
Usuario
SALTO 3 (F1)
Enlace TDD
A MS

FIG. 1

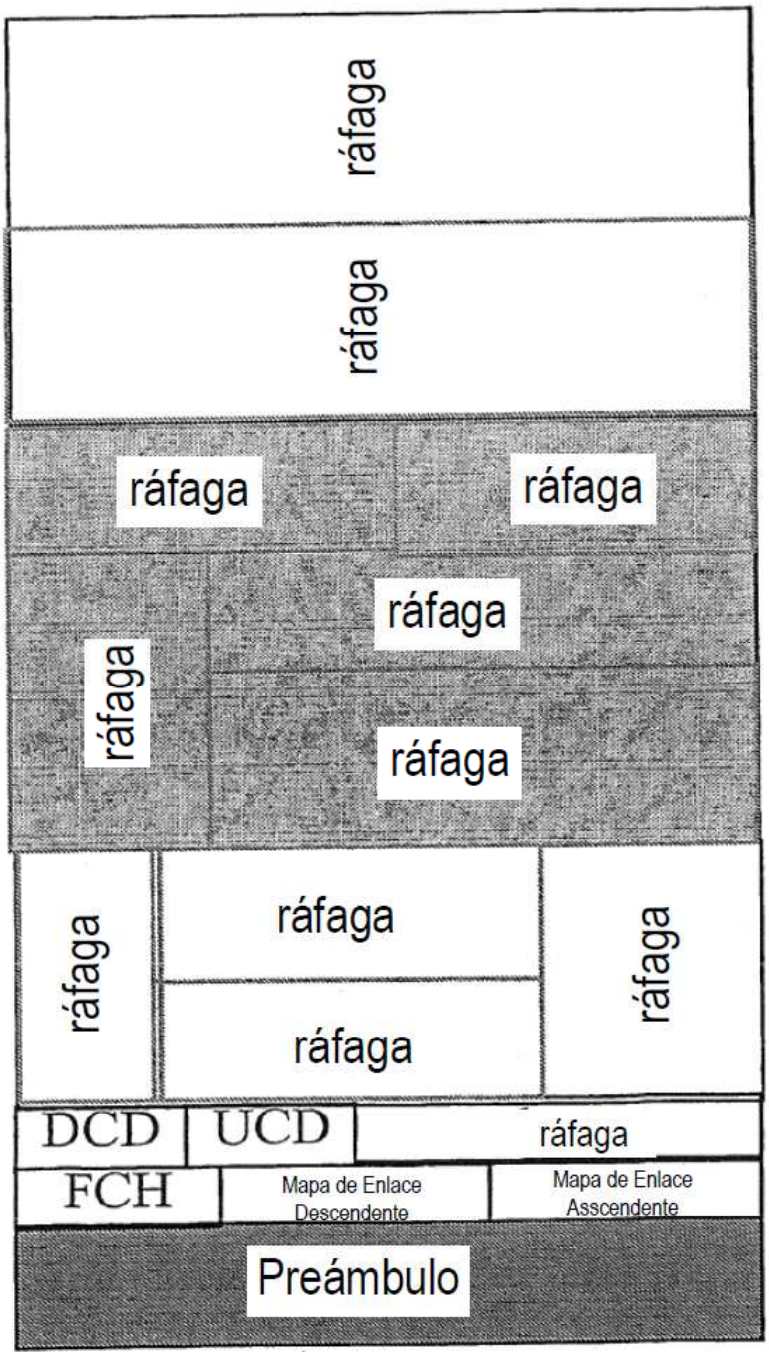

ráfaga
ráfaga
ráfaga
ráfaga
ráfaga
ráfaga
ráfaga
ráfaga
ráfaga
ráfaga
ráfaga
DCD
UCD
ráfaga
FCH
Mapa de Enlace Descendente
Mapa de Enlace Asscendente
Preámbulo

FIG. 2

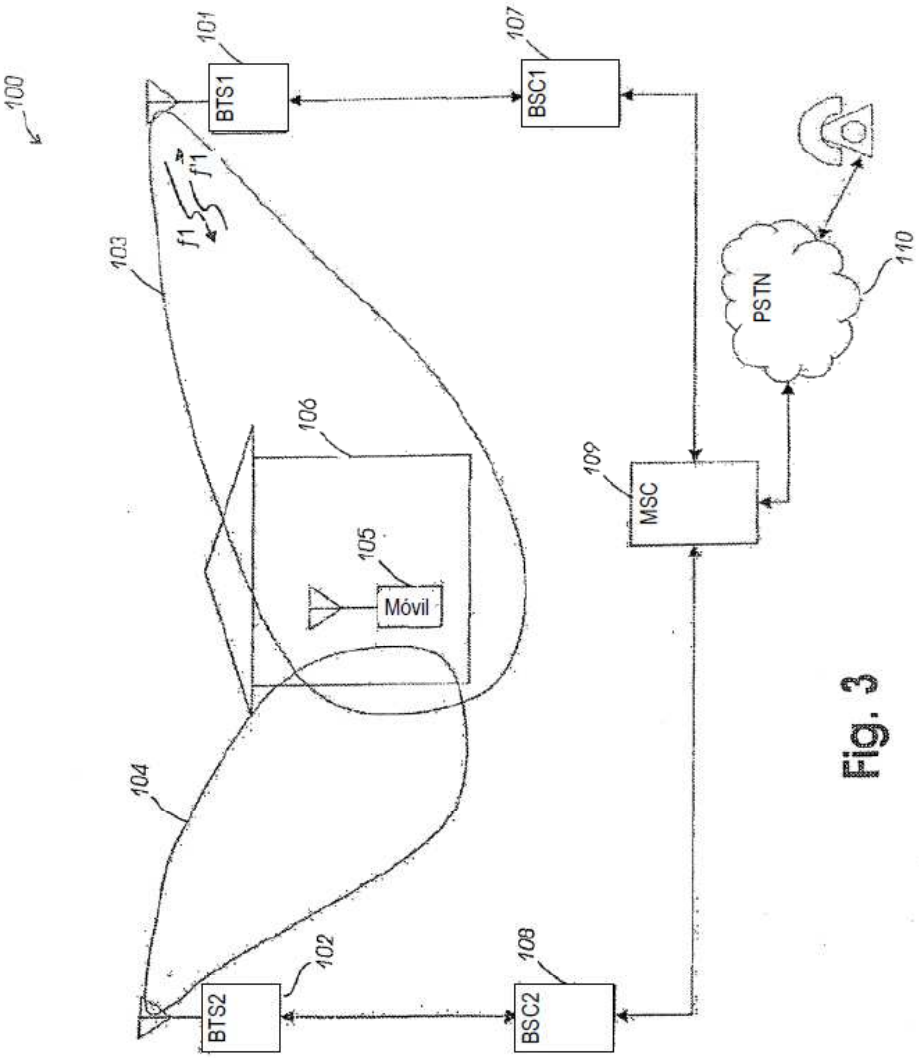

100
101
BTS1
107
BSC1
f1
f1
f1
103
106
105
Móvil
104
102
BTS2
108
BSC2
109
MSC
PSTN
110

Fig. 3

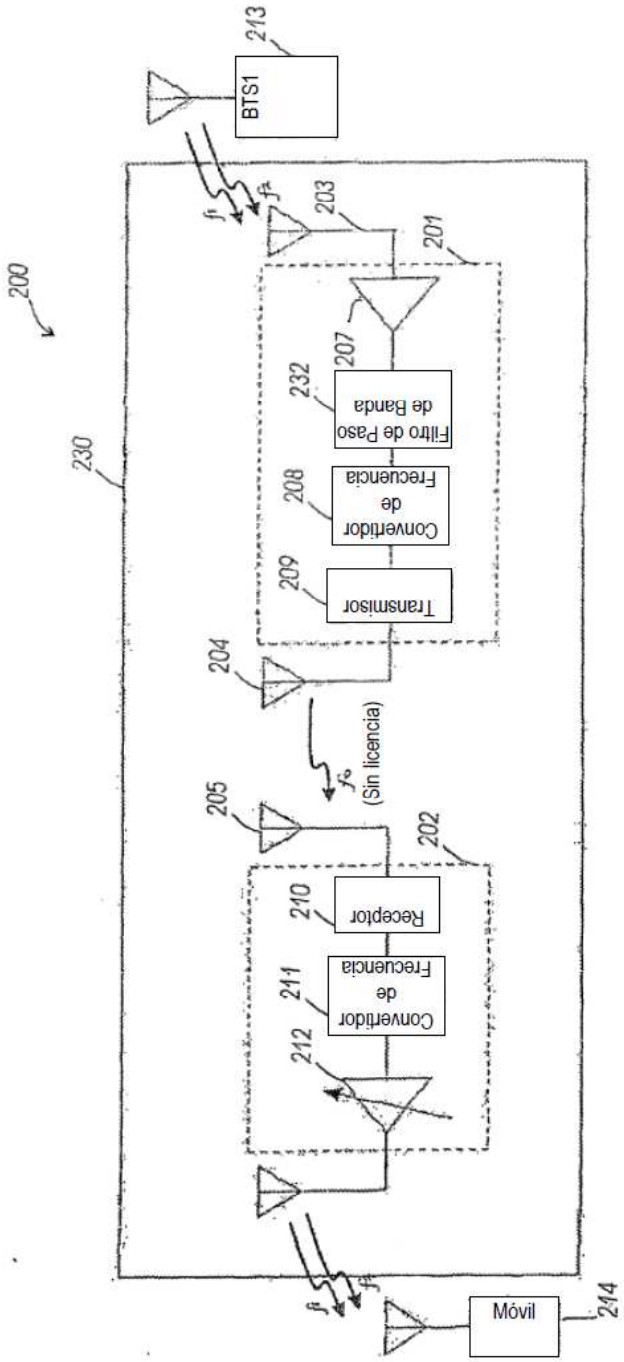

200
213
BTS1
203
201
207
232
Filtro de Paso de Banda
208
Convertidor de Frecuencia
209
Transmisor
204
(Sin licencia)
205
202
210
Receptor
211
Convertidor de Frecuencia
212
230
Móvil
214

Fig. 4

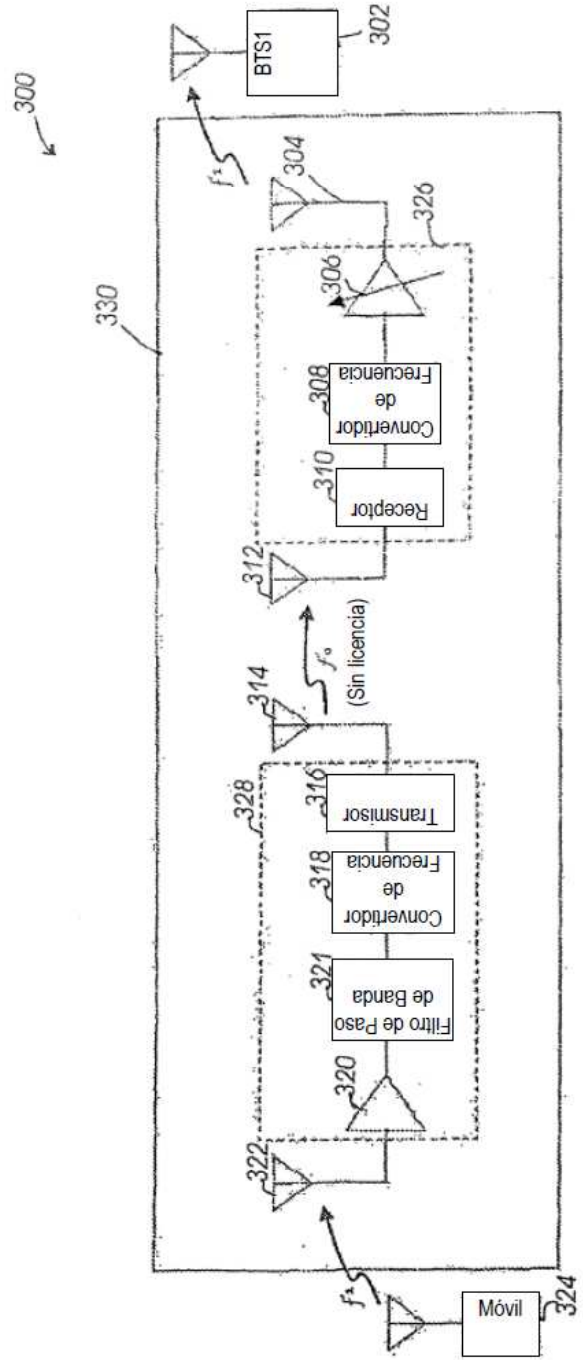

300
BTS1
302
304
326
306
Convertidor de Frecuencia
308
Receptor
310
312
330
(Sin licencia)
314
328
316
Transmisor
Convertidor de Frecuencia
318
Filtro de Paso de Banda
321
320
322
Móvil
324

Fig. 5

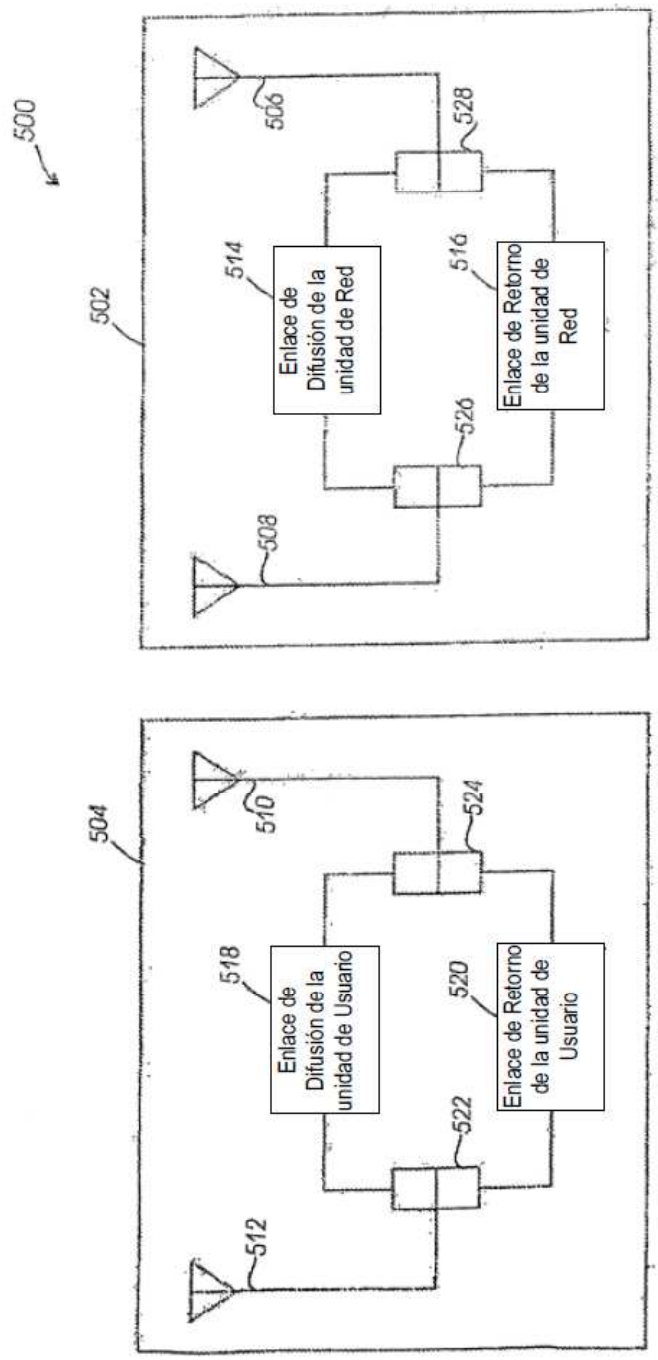

500
502
504
506
508
510
512
514
Enlace de Difusión de la unidad de Red
516
Enlace de Retorno de la unidad de Red
518
Enlace de Difusión de la unidad de Usuario
520
Enlace de Retorno de la unidad de Usuario
522
524
526
528

Fig. 6

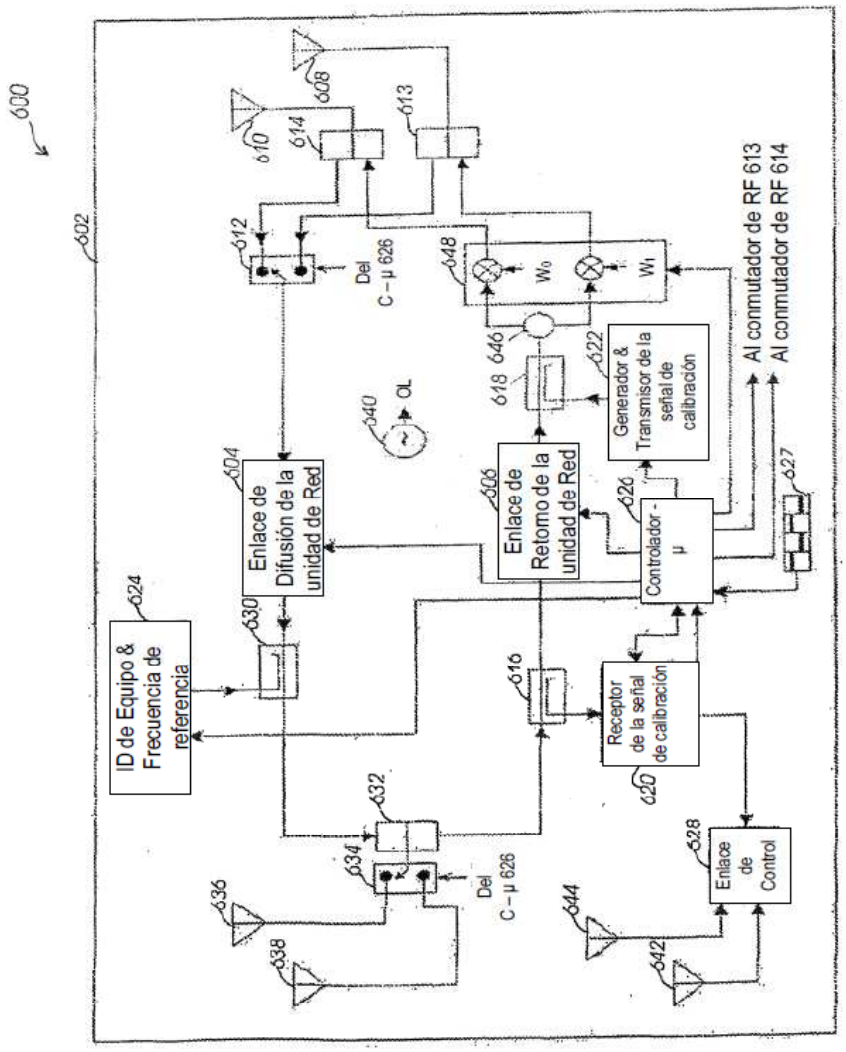

600
602
604
606
608
610
612
613
614
616
618
620
622
624
626
627
628
630
632
634
636
638
640
642
644
646
648
Enlace de Difusión de la unidad de Red
Enlace de Retorno de la unidad de Red
Controlador - µ
Generador & Transmisor de la señal de calibración
Receptor de la señal de calibración
Enlace de Control
ID de Equipo & Frecuencia de referencia
Del C – µ 626
QL
W0
W1
Al conmutador de RF 613
Al conmutador de RF 614

Fig. 7

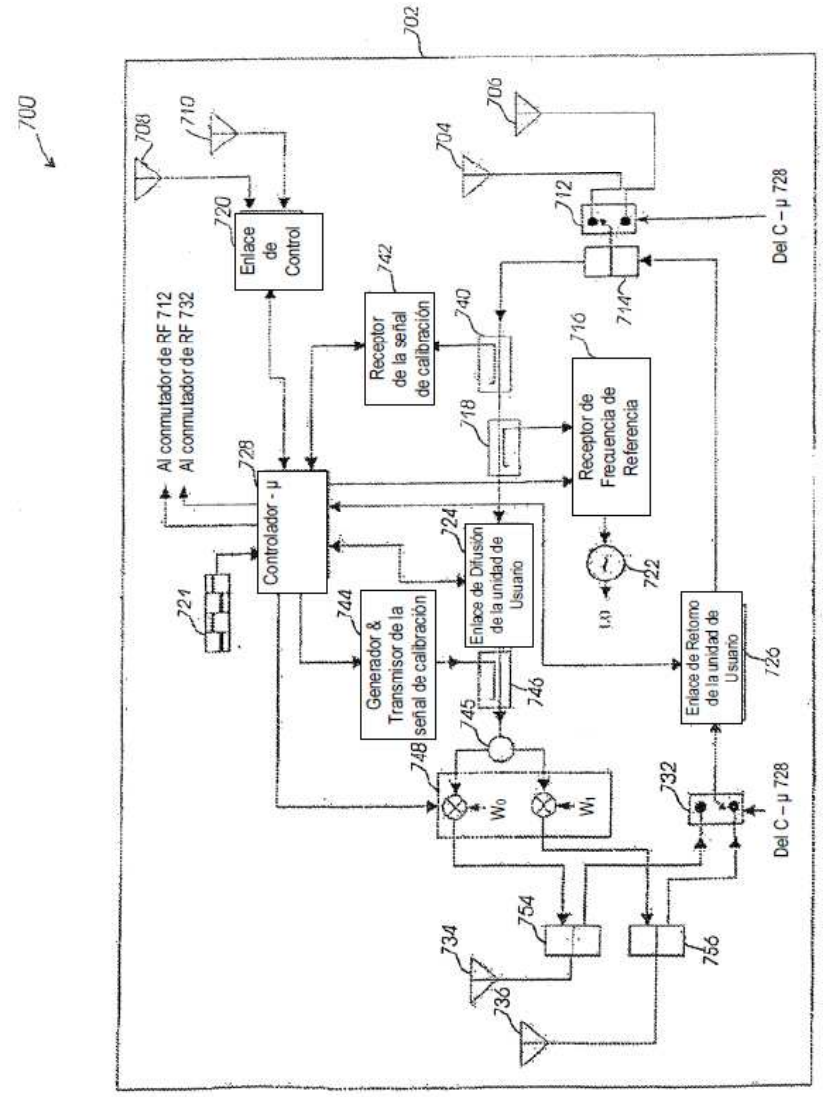

700
702
708
710
720
Enlace de Control
706
704
712
Del C – μ 728
714
742
Receptor de la señal de calibración
740
716
Receptor de Frecuencia de Referencia
718
Al conmutador de RF 712
Al conmutador de RF 732
728
Controlador - μ
724
Enlace de Difusión de la unidad de Usuario
722
1.0
721
744
Generador & Transmisor de la señal de calibración
746
745
726
Enlace de Retorno de la unidad de Usuario
748
W0
W1
732
Del C – μ 728
754
756
734
736

Fig. 8