

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 525 037**

51 Int. Cl.:

H04B 7/04

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.10.1997 E 97913745 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.10.2014 EP 0932986**

54 Título: **Sistemas de comunicaciones inalámbricas de gran capacidad espectralmente eficaz con procesamiento espacio-temporal**

30 Prioridad:

23.10.1996 US 735520

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

16.12.2014

73 Titular/es:

**INTEL CORPORATION (100.0%)
2200 MISSION COLLEGE BOULEVARD
SANTA CLARA, CA 95052, US**

72 Inventor/es:

**OTTERSTEN, BJÖRN, E.;
BARRATT, CRAIG, H.;
PARISH, DAVID, M. y
ROY, RICHARD, H., III**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 525 037 T3

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

DESCRIPCIÓN

Sistemas de comunicaciones inalámbricas de gran capacidad espectralmente eficaz con procesamiento espacio-temporal

5

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

La presente invención se refiere a sistemas de comunicaciones inalámbricas y, más en particular, a la utilización de conjuntos de antenas y al procesamiento de señales para aumentar, en gran medida, la capacidad y rendimiento de sistemas de comunicaciones inalámbricas.

10

Los sistemas de comunicaciones inalámbricas pueden utilizarse para complementar, y en algunos casos sustituir los sistemas de comunicaciones cableadas convencionales en zonas en donde los sistemas de líneas cableadas convencionales no están disponibles, no son fiables o son de un coste excesivamente elevado. Ejemplos de dichas áreas son: zonas rurales con un pequeño número de usuarios en amplia dispersión, zonas infradesarrolladas con pocas o ningunas infraestructuras actuales, aplicaciones sensibles a la fiabilidad en zonas en donde la infraestructura cableada no es factible y entornos políticos en donde los proveedores de servicios cableados, en régimen de monopolio, mantienen precios artificialmente elevados. Incluso en las zonas metropolitanas y países de alto desarrollo, los sistemas de comunicaciones inalámbricas pueden utilizarse para una comunicación ubicua de bajo coste, nuevos servicios de datos flexibles y sistemas de comunicaciones de emergencia. En general, los sistemas de comunicaciones inalámbricas pueden utilizarse para comunicaciones vocales tales como sistemas telefónicos convencionales y para comunicaciones de datos tanto en una red de área amplia basada en radio como en una red de área local.

15

20

Los sistemas de comunicaciones inalámbricas con acceso del usuario también inalámbrico utilizan terminales distantes tales como teléfonos móviles y módems de datos provistos de transceptores de radio. Dichos sistemas (y en particular, los terminales distantes) tienen protocolos para iniciar llamadas, recibir llamadas y para la transferencia general de información. La transferencia de información puede realizarse en tiempo real, tal como es el caso de las transmisiones por fax y conversaciones vocales de circuitos conmutados o en una manera directa tal como suele ser el caso del correo electrónico, servicios buscapersonas y otros sistemas de transferencia de mensajes similares.

25

30

A los sistemas de comunicaciones inalámbricas se les suele asignar una parte del espectro de radiofrecuencias para su funcionamiento. La parte asignada del espectro está dividida en canales de comunicaciones. Estos canales pueden distinguirse por frecuencia, por tiempo, por código o por alguna combinación de los elementos anteriores. Cada uno de estos canales de comunicaciones será referido en adelante como un *canal*. En los sistemas de comunicaciones convencionales, los canales se diseñan para ser del tipo separado o no solapante (en tiempo, frecuencia y/o código), lo que se referirá aquí como *canales convencionales*. En este caso, los canales comparten un recurso común, pueden ser no solapantes, parcialmente solapantes o completamente solapantes. Dependiendo de las asignaciones de frecuencia disponibles, el sistema inalámbrico podría tener desde uno a varios centenares de canales de comunicaciones. Para proporcionar enlaces de comunicaciones de dúplex completo, normalmente algunos de los canales de comunicaciones se utilizan para la comunicación desde estaciones base a terminales distantes de usuarios (el enlace descendente) y otros se utilizan para la comunicación desde terminales distantes de usuarios a estaciones base (el enlace ascendente).

35

40

Los sistemas de comunicaciones inalámbricas suelen tener una o más estaciones base de radio, cada una de las cuales proporcionan cobertura a una zona geográfica conocida como una célula y suelen servir como un punto de presencia (PoP) que proporciona conexión a una red de área amplia tal como una red telefónica conmutada pública (PSTN). Con frecuencia, un subconjunto predeterminado de los canales de comunicaciones disponibles se asigna a cada estación base de radio en un intento de reducir al mínimo la magnitud de interferencia experimentada por los usuarios del sistema. Dentro de su célula, una estación base de radio puede comunicarse simultáneamente con numerosos terminales distantes utilizando diferentes canales de comunicaciones convencionales para cada terminal distante.

50

Según se indicó con anterioridad, las estaciones base pueden actuar como puntos de presencia PoPs, que proporcionan conexión a uno o más sistemas de comunicaciones cableados. Dichos sistemas incluyen redes de datos locales, redes de datos de área amplia y redes PSTNs. De este modo, a los usuarios distantes se les proporciona acceso a servicios de datos de área amplia y/o local y al sistema telefónico público local. Las estaciones base pueden utilizarse también para proporcionar una conectividad local sin acceso directo a una red cableada, tal como en los sistemas de comunicaciones de ubicación móvil y de emergencia en área local. Las estaciones base pueden proporcionar también conectividad de varias clases. En las realizaciones antes citadas, a modo de ejemplo, se hizo el supuesto de que se trataba de comunicaciones punto a punto en donde cantidades aproximadamente iguales de flujo de información en ambas direcciones se utilizan entre dos usuarios. En otras aplicaciones tales como televisión interactiva, la información se difunde a todos los usuarios simultáneamente y respuestas procedentes de numerosas unidades distantes han de procesarse en las estaciones base.

60

65

Sin embargo, los sistemas de comunicaciones inalámbricas convencionales son comparativamente ineficaces desde

el punto de vista espectral. En los sistemas de comunicaciones inalámbricas convencionales, solamente un terminal distante puede utilizar cualquier canal convencional dentro de una célula en cualquier momento. Si más de un terminal distante, en una célula, intenta utilizar el mismo canal al mismo tiempo, las señales de enlace descendente y de enlace ascendente, asociadas con los terminales distantes se interfieren entre sí. Puesto que la tecnología de receptores convencionales no puede eliminar la interferencia en estas señales combinadas de enlace descendente y de enlace ascendente, los terminales distantes son incapaces de comunicarse de forma efectiva con la estación base cuando está presente dicha interferencia. Por este motivo, la capacidad total del sistema está limitada por el número de canales convencionales que tiene disponibles la estación base y en el sistema global, por la manera en la que estos canales se reutilizan entre múltiples células. En consecuencia, los sistemas inalámbricos convencionales son incapaces de proporcionar capacidad en cualquier lugar cercano al de los sistemas de comunicaciones cableadas.

En el documento EP-A-0804858, hemos dado a conocer, con anterioridad, la utilización de conjuntos de antenas y el procesamiento de señales para separar combinaciones de señales recibidas (enlace ascendente). Además, hemos dado a conocer la utilización de señales de enlace descendente espacialmente multiplexadas de transmisión. El resultado es un aumento en la eficiencia espectral, capacidad, calidad de señal y cobertura de sistemas de comunicaciones inalámbricas. La capacidad se aumenta permitiendo a múltiples usuarios compartir simultáneamente el mismo canal de comunicación dentro de una célula sin interferencia entre sí y permitiendo, además, una reutilización más frecuente del mismo canal dentro de una zona geográfica que cubre numerosas células. La calidad de la señal y el área de cobertura se mejoran mediante un procesamiento adecuado de señales recibidas desde, y transmitidas por, múltiples elementos de antenas. Además, un objetivo de la idea inventiva descrita en el documento EP-A-0804858 y en este caso, es proporcionar ganancias de capacidad asignando dinámicamente canales entre estaciones base y terminales distantes.

En resumen, el documento EP-A-0804858 da a conocer conjuntos de antenas y medios de procesamiento de señales para medir, calcular, memorizar y utilizar *signaturas espaciales* de receptores y transmisores en sistemas de comunicaciones inalámbricas para aumentar la capacidad del sistema, calidad de la señal y la cobertura y para reducir el coste del sistema global. El conjunto de antenas y los medios de procesamiento pueden utilizarse en estaciones base (PoPs) y terminales distantes. En general, pueden ser diferentes requisitos de procesamiento, en las estaciones base en donde se concentran numerosas señales, que en los terminales distantes en donde, en general, solamente se gestiona un número limitado de enlaces de comunicaciones.

A modo de ejemplo, en una aplicación de bucle local inalámbrico, una estación base particular podría servir como un punto de presencia PoP para numerosos terminales distantes y emplear el conjunto de antenas y el procesamiento de señales aquí descrito. Además, los terminales distantes podrían emplear conjuntos de antenas y el procesamiento de señales para mejorar todavía más su capacidad y calidad de la señal a través de más simples terminales distantes que gestionar menos enlaces de comunicaciones. En este caso, la distinción entre estaciones base y terminales distantes es que las estaciones base suelen actuar como concentradores que se conectan a múltiples unidades distantes simultáneamente, proporcionando posiblemente una conexión de alta capacidad a una red de área amplia. Aunque, para una mayor claridad, gran parte de la descripción se reduce en términos de terminales distantes simples que no emplean conjuntos de antenas, nada aquí contenido debe interpretarse como incluyendo dicha aplicación. Por consiguiente, mientras, en adelante, las signaturas espaciales serán asociadas principalmente con terminales distantes, cuando se emplean conjuntos de antenas en terminales distantes, las estaciones base tendrán también signaturas espaciales asociadas.

En resumen, según se describe en el documento EP-A-0804858, existen dos signaturas espaciales asociadas con cada par de terminal distante/estación base en un canal de frecuencia particular, en donde, para los fines de esta descripción, se supone que solamente las estaciones base tienen conjuntos de antenas. Las estaciones base asocian con cada terminal distante, en su célula, una signatura espacial relacionada con la forma en la que el terminal distante recibe señales que se le transmiten por el conjunto de antenas de la estación base y una segunda signatura espacial relacionada con la forma en que el conjunto de antenas de recepción de la estación base recibe señales transmitidas por el terminal distante. En un sistema con numerosos canales, cada par de terminal distante/estación base tiene signaturas espaciales de transmisión y de recepción para cada canal.

La signatura espacial de recepción caracterizada como el conjunto de antenas de la estación base recibe las señales procedentes de la unidad distante particular en un canal particular. En una forma de realización, es un vector complejo que contiene respuestas (amplitud y fase con respecto a una referencia) de cada uno de los receptores de elementos de antenas, esto es, para un conjunto de m elementos,

$$\mathbf{h}_r = [\mathbf{h}_r^1, \mathbf{h}_r^2, \dots, \mathbf{h}_r^m]^T, \quad (1)$$

en donde \mathbf{h}_r^i es la respuesta del i -ésimo receptor a una señal transmitida de potencia unitaria procedente del terminal distante. Suponiendo que una señal de banda estrecha $s_i(t)$ se transmite desde el terminal distante, el receptor de la estación base proporciona, a la salida, en el tiempo t , según la expresión siguiente

$$\mathbf{x}_r(t) = \mathbf{h}_r s_r(t - \tau) + \mathbf{n}_r(t), \quad (2)$$

5 en donde τ representa el retardo de propagación medio entre el terminal distante y el conjunto de antenas de la estación base y $n_r(t)$ representa el ruido presente en el entorno y los receptores.

10 En el documento EP-A-0804858, la signatura espacial de transmisión caracteriza la forma en la que el terminal distante recibe señales procedentes de cada uno de los elementos del conjunto de antenas en la estación base en un canal particular. En una forma de realización, es un vector complejo que contiene magnitudes relativas (amplitud y fase con respecto a una referencia) de cada una de las salidas de transmisores de elementos de antena que están contenidas en la salida del receptor de terminal distante, esto es, para un conjunto matricial de m elementos

$$\mathbf{h}_t = [\mathbf{h}_t^1, \mathbf{h}_t^2, \dots, \mathbf{h}_t^m]^T, \quad (3)$$

15 en donde \mathbf{h}_t^i es la amplitud y fase (con respecto a alguna referencia fija) de la salida del receptor de terminal distante para una señal de potencia unitaria transmitida desde el i -ésimo elemento en el conjunto de antenas de la estación base. Suponiendo que un vector de señales complejas $\mathbf{s}_t(t) = [s_{t1}(t), \dots, s_{tm}(t)]^T$ se transmite desde el conjunto de antenas, la salida del receptor del terminal distante se proporcionaría por

$$20 \quad z_t(t) = \mathbf{h}_t^T \mathbf{s}_t(t - \tau) + n_t(t), \quad (4)$$

25 en donde $n_t(t)$ representa el ruido presente en el entorno y el receptor. Estas signaturas espaciales se calculan (estiman) y memorizan en cada estación base para cada terminal distante en su célula y para cada canal. Para los terminales distantes fijos y las estaciones base en entornos estacionarios, las signaturas espaciales pueden actualizarse con poca frecuencia. En general, sin embargo, los cambios en el entorno de propagación de RF, entre la estación base y el terminal distante, pueden modificar las signaturas y requerir que sean actualizadas. Conviene señalar que el argumento del tiempo entre paréntesis será suprimido; los números enteros dentro de los paréntesis se utilizarán exclusivamente para la indización en vectores y matrices.

30 En la descripción anterior, se hizo el supuesto de receptores y transmisores temporalmente adaptados. Si existen diferencias en las respuestas temporales, se pueden igualar utilizando técnicas de filtrado temporal como es bien conocido. Además, se hizo el supuesto de que los anchos de banda de canales sean pequeños en comparación con la frecuencia central de la operación. Canales de ancho de banda grandes pueden requerir más de un vector complejo para describir, con exactitud, las salidas como es bien conocido.

35 En el documento EP-A-0804858, cuando más de un terminal distante desea comunicarse al mismo tiempo, el medio de procesamiento de señales, en la estación base, utiliza las signaturas espaciales de los terminales distantes para determinar si sus subconjuntos pueden comunicarse con la estación base simultáneamente compartiendo un canal. En un sistema con m elementos de antena de recepción y m elementos de antena de transmisión, hasta m terminales distantes pueden compartir el mismo canal al mismo tiempo.

40 Cuando múltiples terminales distantes están compartiendo un canal de enlace ascendente único, los múltiples elementos de antena en la estación base miden cada uno una combinación de ruido y de las señales de enlace ascendente que llegan. Estas combinaciones resultan de las posiciones relativas de los elementos de antena, de las posiciones de los terminales distantes y del entorno de propagación de RF. El medio de procesamiento de señales calcula los pesos de demultiplexación espacial para permitir a las señales de enlace ascendente separarse de las combinaciones de las señales de enlace ascendente medidas por los múltiples elementos de antena.

45 En aplicaciones en donde señales de enlace descendente diferentes han de enviarse desde la estación base a los terminales distantes, el medio de procesamiento de señales calcula los pesos de multiplexación espacial que se utilizan para producir señales de enlace descendente multiplexadas, que cuando se transmiten desde los elementos de antena en la estación base dan lugar a que la señal de enlace descendente correcta se reciba en cada terminal distante con una calidad de señal adecuada.

50 En aplicaciones en donde la misma señal ha de transmitirse desde la estación base a un gran número (más del número de elementos de antena) de terminales distantes, el medio de procesamiento de la señal calcula los pesos adecuados para la difusión de la señal, que cubre el área necesaria para alcanzar todos los terminales distantes.

55 Por lo tanto, en el documento EP-A-0804858, el medio de procesamiento de señales facilita la comunicación simultánea entre una estación base y múltiples terminales distantes en el mismo canal. El canal puede ser un canal de frecuencias, un intervalo temporal en un sistema multiplexado por división de tiempo, un código en un sistema multiplexado por división de código o cualquier combinación de los anteriores. En una forma de realización, todos los

elementos de un conjunto de antenas único transmiten y reciben señales de radiofrecuencias, mientras que, en otra forma de realización, el conjunto de antenas incluye elementos de antena de transmisión y elementos de antena de recepción separados. El número de elementos de transmisión y de recepción no necesitan ser el mismo.

5 Cuando existen canales de banda ancha y/o cuando existe una dispersión o esparcimiento de retardo importante, es bien conocido utilizar la ecualización temporal y en el documento EP-A-0804858 se supone que dicha ecualización temporal, si se requiere, se realiza después de la demultiplexación espacial. La canalización en los sistemas de FDMA (o CDMA) es el filtrado para separar los canales de frecuencia (o código) y se realiza antes del procesamiento espacial. De este modo, el desacoplamiento del procesamiento espacial respecto al procesamiento temporal, tal como la ecualización y la canalización, es muy probable que no sea óptimo y es posible que resulte ventajoso desde el punto de vista del rendimiento, combinar el procesamiento espacial y temporal. Técnicas de combinación de procesamiento espacial y temporal se describen en el documento de Ottersten B. titulado "Procesamiento de conjuntos matriciales para comunicaciones inalámbricas". En consecuencia, existe una necesidad, en la técnica, para disponer de métodos y aparatos para definir un procesamiento espacial y temporal juntos como una etapa de procesamiento espacio-temporal único y de métodos y aparatos para realizar dicho procesamiento espacio-temporal.

SUMARIO DE LA INVENCION

20 El alcance de la idea inventiva se define por las reivindicaciones independientes adjuntas.

En consecuencia, un objetivo de la presente invención es utilizar conjuntos matriciales de antenas y el procesamiento de señales para separar combinaciones de señales recibidas (enlace ascendente) utilizando un procesamiento de señal del tipo espacio-temporal. Otro objetivo de la presente invención es transmitir señales de enlace descendente, espacialmente multiplexadas, con las señales de enlace descendente espacialmente multiplexadas determinadas por un procesamiento de tipo espacio-temporal.

En resumen, la invención comprende conjuntos de antenas y un procesador de señales para medir, calcular, memorizar y utilizar firmas espacio-temporales de receptores y transmisores en sistemas de comunicaciones inalámbricas para aumentar la capacidad del sistema, la calidad de la señal y la cobertura y para reducir el coste del sistema global. El conjunto de antenas y el procesador de señales pueden utilizarse en estaciones base (PoPs) y terminales distantes. En general, pueden existir diferentes requisitos de procesamiento en estaciones base en donde numerosas señales se concentran que en los terminales distantes en donde, en general, solamente se gestiona un número limitado de enlaces de comunicaciones.

A modo de ejemplo, en una aplicación de bucle local inalámbrico, una estación base particular podría servir como un punto de presencia PoP para numerosos terminales distantes y utilizar el conjunto de antenas y el procesamiento de señales aquí descrito. Además, los terminales distantes podrían utilizar conjuntos matriciales de antenas y el procesamiento de señales para mejorar todavía más su capacidad y calidad de la señal con respecto a terminales distantes más simples que gestionan menos enlaces de comunicaciones. Según los términos aquí utilizados, la distinción entre estaciones base y terminales distantes es que las estaciones base suelen actuar como concentradores que conectan múltiples unidades distantes simultáneamente, con la posibilidad de proporcionar una conexión de alta capacidad en una red de área amplia. Para mayor simplicidad, gran parte de la presente descripción corresponde a un sistema con terminales distantes simples que no utilizan conjuntos matriciales de antenas. Sin embargo, nada aquí descrito debe interpretarse como que impide dicha aplicación. En consecuencia, las firmas espacio-temporales se asociarán, en adelante, principalmente con terminales distantes, cuando los conjuntos de antenas se utilicen en terminales distantes, en cuyo caso las estaciones base tendrán también firmas espacio-temporales asociadas.

50 Las firmas espacio-temporales se calculan (estiman) y memorizan en cada estación base para cada terminal distante en su célula y para cada canal. Para terminales distantes fijos y estaciones base en entornos estacionarios, las firmas espacio-temporales pueden actualizarse con poca frecuencia. En general, sin embargo, los cambios en el entorno de propagación de RF, entre la estación base y el terminal distante, pueden modificar las firmas y requerir que se actualicen.

55 Cuando más de un terminal distante desea comunicarse al mismo tiempo, el procesador de señales, en la estación base, utiliza las firmas espacio-temporales de los terminales distantes para determinar si sus subconjuntos pueden comunicarse con la estación base simultáneamente compartiendo canales.

60 Cuando múltiples terminales distantes están utilizando canales de enlace ascendente solapantes, los múltiples elementos de antena en la estación base miden cada uno de ellas una combinación del ruido y de la señal de enlace ascendente que llegan. Estas combinaciones resultan de las posiciones relativas de los elementos de antena, de las posiciones de los terminales distantes, de las características de frecuencia del receptor y del transmisor, del contenido espectral de las señales y del entorno de propagación de RF. El procesador de señales calcula los pesos demultiplexación espacio-temporal para permitir que las señales de enlace ascendente sean separadas de las combinaciones de señales de enlace ascendente medidas por los múltiples elementos de antena.

En aplicaciones en donde diferentes señales de enlace descendente han de enviarse desde la estación base a los terminales distantes, el procesador de señales calcula los pesos de multiplexación espacio-temporales que se utilizan para generar señales de enlace descendente multiplexadas, que cuando se transmiten desde los elementos de antena en la estación base dan lugar a que se reciba la señal de enlace descendente correcta en cada terminal distante con una calidad de señal adecuada.

En aplicaciones en donde la misma señal ha de transmitirse desde la estación base a un gran número de terminales distantes, el procesador de señales calcula los pesos de transmisión espacio-temporales adecuados para la difusión de la señal, cubriendo el área necesaria para alcanzar a todos los terminales distantes.

Por lo tanto, el procesador de señales facilita la comunicación simultánea entre una estación base y múltiples terminales distantes en canales solapantes. El canal puede ser un canal de frecuencia (acceso múltiple por división de frecuencia, FDMA), un intervalo temporal en un sistema multiplexado por división de tiempo (acceso múltiple por división de tiempo, TDMA), un código en un sistema multiplexado por división de código (acceso múltiple por división de código, CDMA) o cualquiera de sus combinaciones anteriores. El canal puede estar constituido también por múltiples canales convencionales.

En una forma de realización, todos los elementos de un conjunto matricial de antena única transmiten y reciben señales de radiofrecuencias, mientras que, en otra forma de realización, el conjunto matricial de antena incluye elementos de antena de transmisión y elementos de antena de recepción separados. El número de elementos de transmisión y de recepción no necesitan ser el mismo.

Formulación y notación

Existen dos firmas espacio-temporales asociadas con cada par de terminal distante/estación base en un canal de frecuencia particular, en donde para la finalidad de esta descripción, se supone que solamente las estaciones base tienen conjuntos de antenas. Las estaciones base, asocian, con cada terminal distante en su célula, una firma espacio-temporal de transmisión relacionada con la forma en la que el terminal distante recibe las señales que se le transmiten por el conjunto de antenas de la estación base y una firma espacio-temporal de recepción relacionada con la forma en la que el conjunto de antenas de recepción de la estación base recibe señales transmitidas por el terminal distante. En un sistema con numerosos canales, cada par de terminal distante/estación base tiene firmas espacio-temporales de transmisión y de recepción para cada canal.

La firma espacio-temporal de recepción caracteriza la forma en la que el conjunto de antenas de la estación base recibe las señales procedentes de la unidad distante particular en un canal también particular. En una forma de realización, se trata de una matriz que contiene respuestas de impulsos de los receptores de elementos de antena según se describe a continuación.

Se supone que una señal $s_r(t)$ se transmite desde el terminal distante. Se supone que m es el número de antenas y receptores asociados en la estación base. A continuación, en una forma de realización, las m salidas de receptores de la estación base, en el tiempo t , pueden expresarse como

$$\mathbf{x}_r(t) = \begin{bmatrix} x_{r1}(t) \\ x_{r2}(t) \\ \vdots \\ x_{rm}(t) \end{bmatrix} = \mathbf{h}_r \mathbf{s}_r^{M_r}(t - \tau) + \mathbf{n}_r(t), \quad (5)$$

en donde

$$\mathbf{s}_r^{M_r}(t - \tau) = \begin{bmatrix} s_r(t - \tau) \\ s_r(t - T - \tau) \\ \vdots \\ s_r(t - (M_r - 1)T - \tau) \end{bmatrix}, \quad (6)$$

y h_r es la matriz de respuesta de canal y se supone, en esta forma de realización, que está exactamente caracterizada por un filtro de respuesta de impulsos finitos. El retardo de propagación medio entre el terminal distante y el conjunto de antenas de la estación base se indica por τ , siendo T el tiempo de muestreo y en esta forma de realización, se supone que se satisface el teorema de muestreo bien conocido, denominado de Nyquist. M_r es la

longitud de la respuesta de canal y $n_r(t)$ representa el ruido presente en el entorno y los receptores. La respuesta de canal en el receptor de elemento de canal i , se proporciona por el vector de fila $h_r(i)$. La matriz de respuesta de canal es el conjunto de la respuesta de canales individuales

$$\mathbf{h}_r = \begin{bmatrix} \mathbf{h}_r(1) \\ \vdots \\ \mathbf{h}_r(m) \end{bmatrix} . \quad (7)$$

Si la respuesta de impulsos del canal de comunicaciones, elementos de antenas, filtros de receptor y transmisor es de longitud M_r , en tal caso, la respuesta de impulsos es igual a la matriz de respuesta de convencionales h_r . Si la respuesta de impulsos es de más larga duración, la matriz de respuesta de canal, h_r , es una aproximación de la respuesta de impulsos y el error resultante se incorpora entonces en el término del ruido $n_r(t)$. En una forma de realización, las salidas de receptores con retardo, aquí denominado el *vector de recepción espacio-temporal* $z_r(t)$ es modelado por

$$\mathbf{z}_r(t) = \begin{bmatrix} \mathbf{x}_r(t) \\ \mathbf{x}_r(t - T) \\ \vdots \\ \mathbf{x}_r(t - T(L_r - 1)) \end{bmatrix} = \mathbf{H}_r \mathbf{s}_r^{M_r + L_r - 1}(t - \tau) + \mathbf{e}_r(t) . \quad (8)$$

en donde L_r es la longitud de una ventana deslizante

$$\mathbf{H}_r = \begin{bmatrix} \mathbf{h}_r & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \mathbf{h}_r & \cdots & 0 \\ 0 & \ddots & \ddots & 0 \\ 0 & \cdots & 0 & \mathbf{h}_r \end{bmatrix} \quad \mathbf{e}_r(t) = \begin{bmatrix} \mathbf{n}_r(t) \\ \mathbf{n}_r(t - T) \\ \vdots \\ \mathbf{n}_r(t - T(L_r - 1)) \end{bmatrix} . \quad (9)$$

El término mL_r por la matriz $(M_r + L_r - 1) H_r$ se denomina la *signatura espacio-temporal de recepción* para el terminal distante que transmite $s_r(t)$ en la estación base que recibe $z_r(t)$ a través de un canal particular.

Cuando una pluralidad de terminales distantes están activos en el mismo canal, las *signaturas espacio-temporales de recepción individuales* se recogen en la *matriz de signaturas espacio-temporales de demultiplexación*, H_r . Para cada canal, H_r está constituida por las *signaturas de recepción espacio-temporales individuales*.

$$\mathcal{H}_r = [\mathbf{H}_r^1, \mathbf{H}_r^2, \cdots, \mathbf{H}_r^{n_r}] , \quad (10)$$

en donde \mathbf{H}_r^i es la *signatura espacio-temporal de recepción*, según se indica en la ecuación (9), para el i -ésimo terminal distante actualmente activo en el canal y n_r es el número total de terminales distantes en el canal.

Conviene señalar que cuando la longitud de respuesta de canal es 1, $M_r = 1$, y la longitud de la antena es también uno, $L_r = 1$, esta *signatura espacio-temporal* corresponde a la *signatura espacial* según se describe en el documento EP-A-0804858. Para este caso, la matriz de respuesta de canal h_r , es un vector de columna y el vector de recepción tiene la forma de

$$\mathbf{z}_r(t) = \mathbf{h}_r s_r(t - \tau) + \mathbf{n}_r(t) . \quad (11)$$

Este es un modelo adecuado para las señales de comunicaciones de banda estrecha en un entorno de propagación con una dispersión de retardo limitada. Para este caso, el procesamiento espacial puede utilizarse al diseñar un sistema de comunicaciones inalámbricas de alta capacidad según se describe en el documento EP-A-0804858.

Otro caso especial del modelo anterior es obtener, suponiendo que el número de antenas es igual a uno $m = 1$ y suponiendo que la longitud de la antena es también uno, $L_r = 1$. En tal caso, la salida del receptor único viene dada por

$$\mathbf{z}_r(t) = \mathbf{h}_r(1) s_r^{M_r}(t - \tau) + \mathbf{n}_r(t) . \quad (12)$$

Este modelo corresponde a la representación en tiempo discreto, frecuentemente utilizada, de un canal de comunicación dispersiva en el tiempo. El canal está modelizado por un filtro de respuesta de impulsos finitos de longitud M_t . Para este caso, el procesamiento temporal puede aplicarse para contrarrestar los efectos del canal de comunicaciones. La forma de aplicar dicho procesamiento temporal para el caso de antena única es bien conocida en esta técnica.

El modelo presentado en la expresión (8) incorpora las dimensiones espaciales y temporales de un canal de comunicaciones.

Se considera, a continuación, que el canal de comunicaciones está ubicado desde la estación base al terminal distante. La signatura espacio-temporal de transmisión caracteriza la forma en la que el terminal distante recibe señales desde cada uno de los elementos del conjunto de antenas en la estación base en un canal particular. En una forma de realización, es una matriz compleja que contiene la respuesta de impulsos procedentes de las salidas del transmisor de elementos de antena a la salida del receptor de terminal distante como se describirá a continuación.

Se supone que la matriz h_t es la matriz de respuesta de canal desde los transmisores de la estación base al terminal distante. La i -ésima fila de la matriz h_t es la respuesta de canal desde el transmisor i , al terminal distante. La longitud máxima de la respuesta de canal es M_t . Si la respuesta de impulsos del canal de comunicaciones, el elemento de antena y los filtros de transmisión y de recepción es de longitud M_t , en tal caso, la respuesta de impulsos del canal es igual a la respuesta del canal. Si la respuesta de impulsos es de más larga duración, la respuesta de canal es una aproximación de la matriz de respuesta de impulsos. Se supone que $s_{it}(t)$ es la señal compleja transmitida desde la i -ésima antena de estación base y se supone

$$\mathbf{s}_t(t) = \begin{bmatrix} s_{t1}(t) \\ s_{t2}(t) \\ \vdots \\ s_{tm}(t) \end{bmatrix} . \quad (13)$$

La salida del receptor del terminal distante $z_t(t)$ viene dada ahora por

$$z_t(t) = [\mathbf{h}_t^T(1) \cdots \mathbf{h}_t^T(M_t)] \mathbf{s}_t^{M_t}(t - \tau) + n_t(t) \quad (14)$$

en donde

$$\mathbf{s}_t^{M_t}(t) = \begin{bmatrix} \mathbf{s}_t(t) \\ \mathbf{s}_t(t - T) \\ \vdots \\ \mathbf{s}_t(t - (M_t - 1)T) \end{bmatrix} \quad \mathbf{h}_t = [\mathbf{h}_t(1), \mathbf{h}_t(2), \dots, \mathbf{h}_t(M_t)] , \quad (15)$$

cuando las señales $s_t(t)$ se transmiten desde el conjunto de antenas de la estación base. El término $n_t(t)$ representa el ruido y la interferencia presentes en el entorno y los errores del receptor y del modelo.

Se considera ahora el caso en que la señal $s_t(t)$, en la estación base, está constituida por una señal escalar, $d(t)$,

$$\mathbf{s}_t(t) = \overline{\mathbf{W}}_{tx}^* \mathbf{d}^{L_t}(t) \quad (16)$$

en donde $\overline{\mathbf{W}}_{tx}$ es la matriz de $L_t \times m$ pesos de multiplexación constituida por escalares complejos, $(\cdot)^*$ es la transpuesta conjugada compleja de una matriz y

$$\mathbf{d}^{L_t}(t) = \begin{bmatrix} d(t) \\ \vdots \\ d(t - (L_t - 1)T) \end{bmatrix} . \quad (17)$$

Entonces, se mantiene la siguiente relación

$$\mathbf{s}_t^{M_t}(t) = \begin{bmatrix} \mathbf{s}(t) \\ \vdots \\ \mathbf{s}(t - (M_t - 1)T) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \overline{\mathbf{W}}_{tx}^* & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \overline{\mathbf{W}}_{tx}^* & \cdots & 0 \\ 0 & \ddots & \ddots & 0 \\ 0 & \cdots & 0 & \overline{\mathbf{W}}_{tx}^* \end{bmatrix} \begin{bmatrix} d(t) \\ \vdots \\ d(t - (M_t + L_t - 2)T) \end{bmatrix}. \quad (18)$$

5 Se utiliza la ecuación (18) anterior en la ecuación (14) para expresar la señal recibida en el terminal $z_t(t)$ en términos de la señal $d(t)$ enviada desde la estación base

$$z_t(t) = [\mathbf{h}_t^T(1) \cdots \mathbf{h}_t^T(M_t)] \begin{bmatrix} \overline{\mathbf{W}}_{tx}^* & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \overline{\mathbf{W}}_{tx}^* & \cdots & 0 \\ 0 & \ddots & \ddots & 0 \\ 0 & \cdots & 0 & \overline{\mathbf{W}}_{tx}^* \end{bmatrix} \mathbf{d}^{M_t+L_t-1}(t - \tau) + n_t(t). \quad (19)$$

Es simple realizar una nueva escritura de la ecuación (19) en la forma siguiente

$$10 \quad z_t(t) = \mathbf{w}_{tx}^* \mathbf{H}_t \mathbf{d}^{M_t+L_t-1}(t - \tau) + n_t(t), \quad (20)$$

en donde

$$15 \quad \mathbf{w}_{tx} = \begin{bmatrix} w_{tx}^T(1) \\ \vdots \\ w_{tx}^T(L_t) \end{bmatrix} \text{ es } (mL_t \times 1), \quad \overline{\mathbf{W}}_{tx} = \begin{bmatrix} w_{tx}(1) \\ \vdots \\ w_{tx}(L_t) \end{bmatrix} \text{ es } (L_t \times m), \quad (21)$$

y

$$20 \quad \mathbf{H}_t = \begin{bmatrix} \mathbf{h}_t & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \mathbf{h}_t & \cdots & 0 \\ 0 & \ddots & \ddots & 0 \\ 0 & \cdots & 0 & \mathbf{h}_t \end{bmatrix}. \quad (22)$$

La signatura espacio-temporal de transmisión H_t , es una matriz de $mL_t \times (M_t + L_t - 1)$ que describe la relación entre el vector de transmisión espacio-temporal, $\mathbf{d}^{M_t+L_t-1}(t)$ y la señal recibida $z_t(t)$, en el terminal distante.

25 Cuando una pluralidad de terminales distantes están activos en el mismo canal, las signaturas espacio-temporales de transmisión individuales se recogen en la matriz de signaturas espacio-temporales de multiplexación \mathcal{H}_t . Para cada canal, \mathcal{H}_t se constituye utilizando las signaturas espacio-temporales de transmisión:

$$30 \quad \mathcal{H}_t = [\mathbf{H}_t^1, \mathbf{H}_t^2, \cdots, \mathbf{H}_t^{n_t}], \quad (23)$$

en donde \mathbf{H}_t^i es la signatura espacio-temporal de transmisión, según se indica en la ecuación (22), para el i -ésimo terminal distante actualmente activo en el canal y n_t es el número total de terminales distantes en el canal.

Conviene señalar, en este caso, que se supone que el tiempo de muestreo T es la unidad sin pérdida de generalidad.

35 BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La Figura 1 es un diagrama de bloques funcional de una estación base en conformidad con una forma de realización de la invención.

La Figura 2 es un diagrama de bloques funcional de receptores multicanales en la estación base.

La Figura 3 es un diagrama de bloques funcional de un demultiplexor espacio-temporal en la estación base.

5 La Figura 4 es un diagrama de bloques funcional de un filtro temporal del demultiplexor espacio-temporal en la estación base.

La Figura 5 es un diagrama de bloques funcional de un multiplexor espacio-temporal en la estación base.

10 La Figura 7 es un diagrama de bloques funcional de un transmisor multicanal en la estación base.

La Figura 8 es un diagrama de bloques funcional de un procesador espacio-temporal en la estación base.

15 La Figura 9 es un diagrama de bloques funcional de un terminal distante con un conmutador-transpondedor.

La Figura 10 es un diagrama de bloques funcional de un terminal distante.

20 La Figura 11 es un diagrama esquemático de un sistema de red constituido por tres estaciones base y un controlador de estación base múltiple.

Listas de referencias numéricas

1. estación base
- 25 2. enlace de comunicaciones de estación base
3. controlador de estación base
4. señal recibida demodulada
- 30 5. señales de enlace descendente separadas
6. medidas de señales recibidas
- 35 7. pesos de demultiplexación
8. datos a transmitirse direccionalmente
9. señal modulada a multiplexarse para transmisión
- 40 10. señales multiplexadas moduladas a transmitirse
11. señales de calibración de estación base a transmitirse
- 45 12. pesos de multiplexación
13. procesador espacio-temporal
14. transmisores multicanales
- 50 15. receptores multicanales
- 16a. receptor multicanal
- 55 16m. receptor multicanal
- 17a. transmisor multicanal
- 17m. transmisor multicanal
- 60 18a. antena de transmisión
- 18m. antena de transmisión
- 65 19a. antena de recepción

	19m. antena de recepción
	20. demultiplexor espacio-temporal
5	21. sumador
	22a. filtro temporal
	22i. filtro temporal
10	22m. filtro temporal
	23. multiplexor espacio-temporal
15	24. modulador de señal
	25. demodulador de señales
	26a. multiplicadores
20	26b. multiplicadores
	26L. multiplicadores
25	27a. retardo muestra
	27b. retardo muestra
	27L. retardo muestra
30	28. sumador
	29a. filtros temporales
35	29i. filtros temporales
	29m. filtros temporales
	30a. multiplicadores
40	30b. multiplicadores
	30L. multiplicados
45	31a. retardo muestra
	31b. retardo muestra
	31L. retardo muestra
50	32. sumador
	33. datos control espacio-temporales
55	34. datos parámetros espacio-temporales
	35. oscilador de receptor común
	36. datos de control de receptor
60	37. datos de control de transmisor
	38. oscilador de transmisor común
65	39. controlador de procesador espacio-temporal

- 40. lista de terminales distantes activos
- 41. selector de canal
- 5 42. base de datos de terminales distantes
- 43. procesador de pesos espacio-temporales
- 10 44. procesador de firmas espacio-temporales
- 45. antena de terminal distante
- 46. duplexor de terminal distante
- 15 47. salida de duplexor de terminal distante
- 48. receptor de terminal distante
- 49. señal recibida de terminal distante
- 20 50. señal de calibración recibida de terminal distante
- 51. demodulador de terminal distante
- 25 52. datos demodulados de terminal distante
- 53. teclado y controlador de teclado de terminal distante
- 54. datos de teclado de terminal distante
- 30 55. datos de visualización de terminal distante
- 56. unidad de visualización y su controlador de terminal distante
- 35 57. modulador de terminal distante
- 58. datos de terminal distante a transmitirse
- 59. datos modulados de terminal distante a transmitirse
- 40 60. transmisor de terminal distante
- 61. salida de transmisor de terminal distante
- 45 62. datos de control de transmisor de terminal distante
- 63. datos de control de receptor de terminal distante
- 64. micrófono de terminal distante
- 50 65. señal microfónica de terminal distante
- 66. altavoz de terminal distante
- 55 67. señal de altavoz de terminal distante
- 68. unidad central de procesamiento de terminal distante
- 69. conmutador transpondedor de terminal distante
- 60 70. control de conmutador transpondedor de terminal distante
- 71. red de área amplia
- 65 72. controlador de estación base múltiple

73a. contorno de célula

73b. contorno de célula

5 73c. contorno de célula

74. enlace de mensajes de alta velocidad

75. terminal distante

10

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCIÓN

La Figura 1 ilustra la forma de realización preferida de una estación base 1. Un controlador de estación base 3 actúa como una interfaz entre la estación base 1 y cualquier conexión externa por intermedio de un enlace de comunicaciones de estación base 2 y sirve para coordinar la operación global de la estación base 1. En la forma de realización preferida, el controlador de estación base 3 se pone en práctica con una unidad central de procesamiento convencional y con memoria y programación asociadas.

15

Las transmisiones de radio de enlace ascendente o entrantes inciden sobre un conjunto de antenas constituido por un número, m , de elementos de antena de recepción 19 (a, \dots, m) estando cada una de dichas salidas conectadas a uno de entre m receptores multicanal en un conjunto de receptores multicanal de fase coherente 15.

20

La forma de realización ilustrativa describe un sistema de acceso múltiple por división de frecuencia (FDMA) convencional. Cada receptor multicanal es capaz de gestionar múltiples canales de frecuencia. El símbolo N_{cc} se utilizará para la referencia del número máximo de canales de frecuencia convencionales que pueden gestionarse por los receptores. Dependiendo de las frecuencias asignadas para la operación del sistema de comunicaciones inalámbricas y de los anchos de banda elegidos para los enlaces de comunicaciones particulares, N_{cc} podría ser tan pequeña como uno (un canal de frecuencia único) o tan grande como millares. En formas de realización alternativas, los receptores multicanal 15 podrían, en cambio, gestionar múltiples intervalos temporales, múltiples códigos o alguna combinación de estas múltiples técnicas de acceso bien conocidas. En una forma de realización alternativa, los canales pueden estar constituidos por múltiples canales convencionales.

25

30

En cada canal, cada uno de los elementos de antena de recepción 19(a, \dots, m) de las señales de enlace ascendente que llegan procedentes de los terminales distantes que comparten este canal. Estas combinaciones resultan de las posiciones relativas de los elementos de antena, las posiciones de los terminales distantes, las características de frecuencia del receptor y del transmisor, el contenido espectral de las señales y el entorno de propagación de RF y vienen dadas por la ecuación (5).

35

La Figura 2 ilustra receptores multicanal individuales 16(a, \dots, m) con conexiones de elementos de antena, osciladores de receptores locales comunes 35, uno para cada canal de frecuencia a utilizarse en esa estación base y medidas de señales recibidas 6. Los osciladores de receptores locales comunes 35 aseguran que las señales procedentes de elementos de antena de recepción 19 (a, \dots, m) son convertidos coherentemente en forma descendente a la banda base; sus N_{cc} frecuencias se establecen de modo que los receptores multicanal 16 (a, \dots, m) extraigan todos los canales de frecuencias N_{cc} de reserva. Las frecuencias de osciladores de receptores locales comunes 35 se controlan por un procesador espacio-temporal 13 (Figura 1) por intermedio de los datos de control del receptor 36. En una forma de realización alternativa, en donde múltiples canales de frecuencia están todos ellos contenidos en una banda de frecuencia contigua, se utiliza un oscilador local común para convertir en sentido descendente la banda completa que luego se digitaliza y los filtros digitales y decimadores extraen el subconjunto deseado de canales utilizando técnicas bien conocidas.

45

50

La forma de realización ilustrativa describe un sistema de FDMA. En un sistema TDMA o CDMA, los osciladores comunes 35 serían aumentados parámetros retransmitir un intervalo temporal común o señales de código común, respectivamente, desde el procesador espacio-temporal 13, por intermedio de datos de control de receptores 36, a receptores multicanal 16(a, \dots, m). En estas formas de realización, los receptores multicanal 16(a, \dots, m) realizan la selección de canales por división de tiempo convencionales o canales por división de código convencionales además de la conversión en sentido descendente a la banda base.

55

Haciendo referencia de nuevo a la Figura 1, los receptores multicanal 15 producen medidas de señales recibidas 6 que se suministran al procesador espacio-temporal 13 y a un conjunto de demultiplexores espacio-temporal 20. En esta forma de realización, las medidas de señales recibidas 6 contienen m señales de banda base complejas para cada uno de los N_{cc} canales de frecuencias.

60

La Figura 8 ilustra un diagrama de bloques más detallado del procesador espacio-temporal 13. El procesador espacio-temporal 13 produce y mantiene signaturas espacio-temporales para cada terminal distante para cada canal de frecuencia y calcula los pesos de multiplexación y de demultiplexación espacio-temporales para su uso por los demultiplexores espacio-temporales 20 y los multiplexores espacio-temporales 23. En la forma de realización

65

preferida, el procesador espacio-temporal 13 se pone en práctica utilizando un dispositivo de procesador de señal digital (DSP) que incluye una unidad central de procesamiento convencional. Las medidas de señales recibidas 6 se aplican a un procesador de firmas espacio-temporales 44 que estima y actualiza las firmas espacio-temporales. Las firmas espacio-temporales se memorizan en una lista de firmas espacio-temporales en una base de datos de terminales distantes 42 y se utilizan por el selector de canales 41 y el procesador de pesos espacio-temporales 43, que también produce pesos de demultiplexación 7 y pesos de multiplexación 12. Un controlador de procesador espacio-temporal 39 se conecta a un procesador de pesos espacio-temporales 43 y también produce datos de control de receptor 36, datos de control de transmisores 37 y datos de control espacio-temporales 33.

Haciendo referencia de nuevo a la Figura 8, los demultiplexores espacio-temporales 20 combinan las medidas de señales recibidas 6 en conformidad con los pesos de demultiplexación espacio-temporal 7. La Figura 3 ilustra un demultiplexor espacio-temporal 20 para un canal único. En la Figura 3, x_{ri} indica el i-ésimo componente del vector de medición de recepción 6 para un canal único y w_{rx}^{i*} indica la transpuesta conjugada compleja de la i-ésima columna de la matriz de pesos de demultiplexación.

$$\overline{\mathbf{W}}_{rx} = [w_{rx}^1, w_{rx}^2, \dots, w_{rx}^m] = \begin{bmatrix} w_{rx}(1) \\ \vdots \\ w_{rx}(L_r) \end{bmatrix} \quad (24)$$

para un terminal distante que utiliza este canal.

La Figura 4 ilustra el procesamiento de la i-ésima señal recibida x_{ri} para un canal único. En esta forma de realización, las operaciones aritméticas en los filtros temporales 22 (a,..., m) se realizan utilizando circuitos integrados aritméticos de uso general. En la Figura 4, x_{ri} indica la i-ésima componente del vector de medición de recepción 6 para un canal único y $w_{rx}^{i*}(j)$ indica la conjugada compleja del j-ésimo componente del i-ésimo componente de vector del vector de pesos de demultiplexación espacio-temporal 7.

$$\mathbf{w}_{rx} = \begin{bmatrix} w_{rx}^T(1) \\ \vdots \\ w_{rx}^T(L_r) \end{bmatrix} \quad \mathbf{w}_{rx}(j) = [w_{rx}^1(j), \dots, w_{rx}^m(j)] \quad (25)$$

para un terminal distante que utiliza este canal.

Para cada terminal distante en cada canal, el i-ésimo filtro temporal 22i calcula

$$w_{rx}^{i*}(1)x_{ri}(t) + w_{rx}^{i*}(2)x_{ri}(t - T) + \dots + w_{rx}^{i*}(L_r)x_{ri}(t - T(L_r - 1)) . \quad (26)$$

La multiplicación se realiza por los multiplicadores 26(a, b,...L) y la adición se realiza por el sumador 28. Para cada terminal distante en cada canal, el demultiplexor espacio-temporal 20 añade las salidas de los filtros temporales 22(a,..., m) utilizando el sumador 21 que proporciona así

$$\mathbf{w}_{rx}^* \mathbf{z}_r(t) . \quad (27)$$

Para cada terminal distante en cada canal, la salida del sumador 21 proporcionada por la ecuación (27) comprende las señales de enlace ascendente separadas 5.

Haciendo referencia de nuevo a la Figura 1, las salidas de los demultiplexores espacio-temporales 20 son las señales de enlace ascendente separadas 5 para cada terminal distante que se comunica con la estación base. Las señales de enlace ascendente separadas 5 se demodulan por los demoduladores de señales 25, generando señales recibidas demoduladas 4 para cada terminal distante que se comunica con la estación base. Señales recibidas demoduladas 4 y los datos de control espacio-temporales correspondientes 33 están disponibles para el controlador de estación base 3.

En una forma de realización alternativa, el procesamiento de demultiplexación y demodulación se realizan juntos en una unidad de procesamiento de señales multidimensional no lineal.

En formas de realización en donde se realiza la codificación de canales de las señales enviadas por los terminales distantes, el controlador de estación base 3 envía las señales recibidas demoduladas 4 a un procesador espacio-temporal 13 que, utilizando técnicas de decodificación bien conocidas, estima las tasas de errores binarios (BERs) y los compara con valores umbrales aceptables memorizados en la base de datos de terminales distantes 42. Si las tasas BERs no son admisibles, el procesador espacio-temporal 13 reasigna recursos con el fin de resolver el problema en la medida de lo posible. En una forma de realización, enlaces con BERs inadmisibles se asignan a nuevos canales utilizando la misma estrategia que la adición de un nuevo usuario con la excepción de que el canal actual no es admisible a no ser que el conjunto actual de usuarios de ese canal particular cambie a tal respecto. Además, la recalibración de la signatura de recepción para ese par de terminal distante/estación base se realiza cuando el canal está disponible.

Para la transmisión, los moduladores de señales 24 producen señales moduladas 9 para cada terminal distante, con la estación base transmitiendo a, y un conjunto de pesos de multiplexación espacio-temporales 12 para cada terminal distante se aplican a las versiones retardadas respectivas de las señales moduladas en multiplexores espacio-temporales 23 para generar señales multiplexadas a transmitirse 10 para cada una de las m antenas de transmisión 18(a,..., m) y cada uno de los N_{cc} canales.

En la forma de realización ilustrativa, el número N_{cc} de canales de enlace descendente es el mismo que el número N_{cc} de canales de enlace ascendente. En otras formas de realización, pueden ser diferentes números de canales de enlace ascendente y canales de enlace descendente. Además, los canales pueden ser de diferentes tipos y anchos de banda como es el caso para una aplicación de televisión interactiva, en donde el enlace descendente está constituido por canales de vídeo de banda ancha y el enlace ascendente emplea canales de audio/datos de banda estrecha.

Además, la forma de realización ilustrativa muestra el mismo número de elementos de antena, m, para la transmisión y la recepción. En otras formas de realización, el número de elementos de antena de transmisión y el número de elementos de antena de recepción pueden ser diferentes, hasta incluyendo el caso en donde la transmisión emplea solamente un elemento de antena de transmisión en un sentido omnidireccional, tal como en una aplicación de televisión interactiva.

La Figura 5 ilustra el multiplexor espacio-temporal para un terminal distante en un canal particular. Las operaciones aritméticas en el multiplexor espacio-temporal 23 se realizan utilizando circuitos integrados aritméticos de uso general. La componente de señales moduladas 9, destinada para este terminal distante en este canal, se indica por $d(t)$ y el vector de pesos de multiplexación se indica por w_{tx} . El vector de pesos de multiplexación w_{tx} , está relacionado con la matriz de pesos de multiplexación \overline{W}_{tx} , por intermedio de

$$\mathbf{w}_{tx} = \begin{bmatrix} w_{tx}^T(1) \\ \vdots \\ w_{tx}^T(L_t) \end{bmatrix} \text{ is } (mL_t \times 1) \quad \overline{W}_{tx} = \begin{bmatrix} w_{tx}(1) \\ \vdots \\ w_{tx}(L_t) \end{bmatrix} \text{ is } (L_t \times m), \quad (28)$$

Para cada terminal distante en cada canal, el multiplexor espacio-temporal 23 calcula el producto de su matriz de pesos de multiplexación 12 con versiones retardadas de la señal modulada $d(t)$ 9:

$$\mathbf{s}_t(t) = \overline{W}_{tx}^* \mathbf{d}^{L_t}(t) = \begin{bmatrix} w_{tx}(1) \\ \vdots \\ w_{tx}(L_t) \end{bmatrix}^* \begin{bmatrix} d(t) \\ \vdots \\ d(t - (L_t - 1)T) \end{bmatrix}. \quad (29)$$

Los filtros temporales 29(a,..., m) calculan los productos de las filas de la matriz de pesos de multiplexación con versiones retardadas de la señal modulada $d(t)$ 9. Para cada terminal distante en cada canal, el i-ésimo filtro temporal 29i calcula

$$w_{tx}^{i*}(1)d(t) + w_{tx}^{i*}(2)d(t - T) + \dots + w_{tx}^{i*}(L_t)d(t - T(L_t - 1)). \quad (30)$$

La multiplicación se realiza por multiplicadores 30(a, b,...L) y la suma se realiza por el sumador 32. Para cada canal, la ecuación (29) se evalúa por el multiplexor espacio-temporal 23 para cada terminal distante que se está transmitiendo en este canal. En correspondencia con cada terminal distante existe un vector de pesos de multiplexación diferente, una matriz de pesos de multiplexación y una señal modulada. Para cada canal, el multiplexor de espacio-temporal 23 añade las señales multiplexadas para cada terminal distante que se transmite en

este canal, produciendo señales moduladas y multiplexadas 10, siendo $s_i(t)$ las señales a transmitirse para cada canal de enlace descendente desde cada antena.

Las señales moduladas y multiplexadas 10 son entradas para un conjunto de m transmisores multicanales de fase coherente 14. La Figura 7 ilustra transmisores multicanales 17(a,..., m), con conexiones de antenas, osciladores de transmisores locales comunes 38 y entrada/salida digitales 10. Los osciladores de transmisores locales comunes 38 aseguran que las fases relativas de señales multiplexadas 10 se preservan durante la transmisión por la antena de sino 18(a,..., m). Las frecuencias de los osciladores de transmisores locales comunes 38 se controlan por el procesador espacio-temporal 13(véase Figura 1) por intermedio de los datos de control de transmisores 37.

En una forma de realización alternativa, el multiplexor espacio-temporal 23 utiliza técnicas de multiplexación de banda ancha bien conocidas para multiplexar todas las señales de canales calculadas a transmitirse en una señal de banda ancha única para efectuar una conversión ascendente y transmitirse por cada uno de los transmisores multicanales 17(a,..., m). La multiplexación puede realizarse digitalmente o de forma analógica, según sea adecuado.

La forma de realización ilustrativa muestra un sistema con múltiples canales de frecuencias. En un sistema de acceso múltiple por división de código o de acceso múltiple por división de tiempo, los osciladores comunes 38 serían aumentados para retransmitir señales de código común o intervalo temporal común, respectivamente, desde el procesador espacio-temporal 13, por intermedio de datos de control de transmisores 37, a transmisores multicanales 17(a,..., m).

Haciendo referencia de nuevo a la Figura 1, en aplicaciones en donde se requieren firmas espacio-temporales de transmisión, el procesador espacio-temporal 13 es también capaz de transmitir señales de calibración predeterminadas 11 para cada antena en un canal de enlace descendente particular. El procesador espacio-temporal 13 da instrucciones a transmisores multicanales 17(a,..., m), por intermedio de datos de control de transmisores 37, para transmitir señales de calibración predeterminadas 11 en lugar de las señales multiplexadas 10 para un canal de enlace descendente particular. Éste es un mecanismo utilizado para determinar las firmas espacio-temporales de transmisión de los terminales distantes en este canal de enlace descendente.

En formas de realización alternativas en donde se utilizan técnicas de codificación de canales bien conocidas para codificar las señales a transmitirse a terminales distantes, los terminales distantes emplean técnicas de decodificación bien conocidas para estimar los valores de BERs que luego se retro informan a la estación base a través de su canal de enlace ascendente. Si estos valores BERs superan límites admisibles, se toma la acción correctora correspondiente. En una forma de realización, la acción correctora implica la reasignación de recursos utilizando la misma estrategia que la adición de un nuevo usuario con la excepción de que el canal actual no es admisible a no ser que cambie el conjunto actual de usuarios de ese canal particular. Además, se realiza la recalibración de la firma de transmisión para ese par de terminal distante/estación base cuando el canal esté disponible.

La Figura 9 ilustra la disposición de componentes en un terminal distante que proporciona una comunicación vocal. La antena del terminal distante 45 está conectada a un duplexor 46 para permitir que la antena 45 se utilice para transmisión y para recepción, a la vez. En una forma de realización alternativa, se utilizan antenas de recepción y de transmisión separadas con lo que se elimina la necesidad de un duplexor 46. En otra forma de realización alternativa en donde se producen la recepción y la transmisión en el mismo canal de frecuencia pero en momentos diferentes, se utiliza un conmutador de transmisión/recepción (TR) en lugar de un duplexor como es bien conocido. La salida del duplexor 47 sirve como entrada a un receptor 48. El receptor 48 genera una señal convertida en sentido descendente 49 que es la entrada para un demodulador 51. Una señal vocal recibida demodulada 67 se introduce a un altavoz 66.

Los datos de control recibidos demodulados 52 se suministran a una unidad central de procesamiento de terminal distante 68 (CPU). Los datos de control recibidos demodulados 52 se utilizan para la recepción de datos desde la estación base 1 durante el establecimiento y terminación de llamadas y en una forma de realización alternativa, para determinar la calidad (BER) de las señales que se reciben por el terminal distante para la retransmisión a la estación base según se describió con anterioridad.

La CPU de terminal distante 68 se pone en práctica con un dispositivo DSP estándar. La CPU de terminal distante 68 genera también datos de control de receptor 63 para seleccionar el canal de recepción del terminal distante, datos de control de transmisores 62 para establecer el nivel de potencia y el canal de transmisión del terminal distante, datos de control para transmitirse 58 y datos de presentación visual 55 para la visualización de terminal distante 56. La unidad CPU de terminal distante 68 recibe también datos de teclados 54 procedentes del teclado del terminal distante 53.

La señal vocal de terminal distante a transmitirse 65 desde el micrófono 64 se aplica a la entrada de un modulador 57. Los datos de control a transmitirse 58 se suministran por la unidad CPU del terminal distante 68. Los datos de control a transmitirse 58 se utilizan para transmitir datos a la estación base 1 durante el establecimiento y la

terminación de llamadas así como para transmitir información durante la llamada tal como medidas de la calidad de la llamada (p.e., tasas de errores binarios (BERs)). La señal modulada a transmitirse 59, proporcionada a la salida por el modulador 57, es objeto de conversión ascendente y se amplifica por transmisor 60, generando una señal de salida de transmisor 61. La salida de transmisor 61 se aplica luego al duplexor 46 para la transmisión por la antena 45.

En una forma de realización alternativa, el terminal distante proporciona comunicación de datos digitales. La señal vocal recibida demodulada 67, el altavoz 66, el micrófono 64 y la señal vocal a transmitirse 65 se sustituyen por interfaces digitales bien conocidas en la técnica que permiten la transmisión de datos a y desde un dispositivo de procesamiento de datos externo (a modo de ejemplo, un ordenador).

Haciendo referencia de nuevo a la Figura 9, el terminal distante permite que los datos recibidos 49 se transmitan de nuevo a la estación base 1 por intermedio del conmutador 69 controlado por la unidad CPU de terminal distante 68 por intermedio de la señal de control de conmutación 70. En condiciones normales de funcionamiento, el conmutador 69 activa el transmisor 60 con la señal modulada 59 del modulador 57. Cuando el terminal distante recibe instrucciones por la estación base 1 para introducir el modo de calibración, la unidad CPU de terminal distante 68 envía una señal de calibración predeterminada 58 al modulador 57 en lugar de la señal de micrófono del terminal distante 65. Se trata de un mecanismo utilizado para determinar las firmas espacio-temporales de recepción de los terminales distantes en este canal de enlace ascendente. En el modo de transpondedor, la unidad CPU de terminal distante 68 conmuta la señal de control 70, que da instrucciones al conmutador 69 para activar el transmisor 60 con los datos recibidos 49.

La Figura 10 ilustra una forma de realización alternativa de la función de transpondedor de terminal distante. El conmutador 69 de la Figura 9 ya no se utiliza. En su lugar, la salida del receptor 48 se suministra a la unidad CPU de terminal distante 68 mediante la conexión de datos 50. En condiciones normales de funcionamiento, la unidad CPU de terminal distante 68 ignora la conexión de datos 50. En el modo de calibración, la unidad CPU de terminal distante 68 utiliza la conexión de datos 50 para calcular la firma espacio-temporal de transmisión del terminal distante, que se retransmite de nuevo a la estación base 1 a través del modulador 57 y del transmisor 60 como datos de control a transmitirse 58.

En una forma de realización alternativa, no se requieren los procedimientos de calibración espacio-temporales en el terminal distante. En numerosas normas de protocolos inalámbricos convencionales, los terminales distantes informan periódicamente de la intensidad de señal recibida o la calidad de señal de recepción de nuevo a la estación base. En esta forma de realización, los informes de la intensidad de la señal recibida son suficientes para calcular la firma espacio-temporal de transmisión del terminal distante, según se describe a continuación.

Descripción de la invención

Principios generales – Estación base

En numerosos aspectos, la estación base espectralmente eficiente, ilustrada en la Figura 1, se comporta de muy similar a una estación base de un sistema de comunicaciones inalámbricas estándar. La distinción primaria es que la estación base espectralmente eficiente soporta más conversaciones simultáneas que una estación base convencional que utiliza los mismos recursos de tiempo/frecuencia. Los canales de comunicación pueden ser canales de frecuencia, canales de tiempo, canales de código o cualquiera de sus combinaciones. El multiplexor/demultiplexor espacio-temporal aumenta la capacidad del sistema permitiendo múltiples enlaces de comunicaciones simultáneas múltiples en cada uno de estos canales. Además, combinando las señales desde múltiples antenas de recepción, el demultiplexor espacio-temporal 20 produce señales de enlace ascendente separadas 5 que se ecualizan de forma espacial y temporal simultáneamente. Las señales de enlace ascendente separadas 5 tendrán, como consecuencia, relaciones señal a ruido notablemente mejoradas, interferencia reducida y mejora de la calidad en entornos de rutas múltiples en comparación con una estación base estándar.

En la forma de realización ilustrativa, un sistema de comunicaciones inalámbricas constituido por múltiples terminales distantes y estaciones base que incorporan conjuntos de antenas y un procesamiento de señal espacio-temporal se describirá a continuación. Dichos sistemas tienen aplicación, a modo de ejemplo, en proporcionar un acceso inalámbrico a la red PSTN local. Las transferencias de información (o llamadas) se inician por un terminal distante o por un enlace de comunicaciones 2 por intermedio del controlador de estación base 3. La inicialización de llamadas tiene lugar en un canal de control de enlace descendente y de enlace ascendente como es bien conocido en esta técnica. En la forma de realización presente, el canal de control de enlace descendente se transmite utilizando antenas de transmisión 18(a, ..., m). En una forma de realización alternativa, el canal de control de enlace descendente se difunde desde una antena omnidireccional única. El controlador de estación base 3 transmite la identificación del terminal distante a implicarse en la llamada al procesador espacio-temporal 13 que utiliza las firmas espacio-temporales memorizadas de ese terminal distante para determinar qué canal de comunicaciones debe utilizar el terminal distante. El canal seleccionado puede estar ya ocupado por varios terminales distantes; sin embargo, el sintonizador espacio-temporal 13 utiliza las firmas espacio-temporales de todos los terminales distantes en ese canal para determinar que pueden compartir el canal sin interferencia.

El procesador espacio-temporal 13 utiliza los pesos de multiplexación y de demultiplexación espacio-temporales calculados para el canal seleccionado y el terminal distante en cuestión para configurar el multiplexor espacio-temporal 23 y el demultiplexor espacio-temporal 20. El procesador espacio-temporal 13 informa luego al controlador 3 del canal seleccionado. Como en una estación base convencional, el controlador 3 controla, a continuación, el terminal distante (por intermedio del canal de control de enlace descendente) para conmutar al canal seleccionado para las comunicaciones continuadas. En el caso de que el terminal distante tenga capacidades de control de la potencia, como es bien conocido en esta técnica, el controlador 3 controla también al terminal distante para ajustar su potencia a un nivel adecuado en función de los parámetros tales como los niveles de potencia de los otros terminales distantes que comparten el mismo canal y la calidad de señal requerida para cada enlace según se examina a continuación. A la terminación de las comunicaciones, el terminal distante vuelve a su estado inactivo en donde supervisa el canal de control de enlace descendente a la espera de su llamada siguiente.

Procesamiento temporal y espacial - Estación base

La Figura 8 ilustra un diagrama de bloques de un procesador espacio-temporal 13. Se controla por el controlador de procesador espacio-temporal 39, que establece una interfaz con el controlador de estación base 3 por intermedio del enlace 33. El controlador de procesador espacio-temporal 39 controla los ajustes de la ganancia y de la frecuencia de transmisores multicanales 14 y receptores multicanales 15 por intermedio de las líneas de control 37 y 36.

El procesador espacio-temporal 13 mantiene una lista de terminales distantes activos 40 que cataloga con los terminales distantes que se están utilizando actualmente a través de cada canal de comunicación así como sus niveles de potencia de transmisión actuales. Otros parámetros de los terminales distantes, tales como los formatos de modulación actualmente utilizados, los niveles de ruidos de receptores en los canales de frecuencias actuales y los requisitos de calidad de la señal actuales se memorizan también en esta operación. El procesador espacio-temporal 13 mantiene también una lista de firmas espacio-temporales en la base de datos de terminales distantes 42, que, en formas de realización alternativas, incluye los niveles de control de potencia de terminales distantes, los canales de frecuencia permitidos para la recepción y transmisión y una lista de formatos de modulación a este respecto.

La lista de firmas espacio-temporales en la base de datos de terminales distantes 42 contiene una firma espacio-temporal de transmisión H_t , y una firma espacio-temporal de recepción H_r para cada canal de operación para cada terminal distante. En otra forma de realización, un conjunto de vectores base que abarcan el mismo espacio de columna que las firmas espacio-temporales de transmisión y de recepción se memorizan, a modo de ejemplo, memorizando los mayores valores singulares y los vectores singulares correspondientes de las firmas. En otra forma de realización, los parámetros a partir de los cuales se pueden formar las firmas son memorizados, a modo de ejemplo, memorizando las matrices de respuesta de canales de transmisión y recepción. En otra forma de realización, las estimaciones de la calidad (p.e., covarianzas de errores de estimación) de las firmas espacio-temporales se memorizan también en esta operación. En otra forma de realización, se memorizan también los parámetros que describen la incertidumbre debida a las variaciones en el tiempo de las firmas espacio-temporales. La firma espacio-temporal de transmisión incluye los efectos del entorno de propagación entre la estación base y el terminal distante así como cualquier diferencia en las características de frecuencias de los transmisores 14, cables de antenas y antenas de transmisión 18(a, ..., m).

Cuando el controlador de estación base 1 reenvía una demanda de inicialización de llamada para un terminal distante particular por intermedio del enlace 33, un selector de canales 41 busca en la lista de terminales distantes activos 40 para encontrar un canal de comunicación que pueda admitir el terminal distante. En la forma de realización preferida, existe una lista de terminales distantes activos de recepción y una lista de terminales distantes activos de transmisión que se utilizan por el selector de canales 41 en la formación de una matriz espacio-temporal de multiplexación y una matriz espacio-temporal de demultiplexación para cada canal. Para cada canal, las matrices de firmas espacio-temporales de multiplexación y de demultiplexación se forman a partir de las firmas espacio-temporales de recepción y de transmisión memorizadas de cada uno de los terminales distantes actualmente activos en ese canal (con su utilización) junto con una parte adicional que contiene la firma espacio-temporal adecuada del terminal distante que demanda un canal de comunicaciones, véase a este respecto las ecuaciones (10-23).

El selector de canales 41 calcula las funciones de estas matrices de firmas para evaluar si la comunicación entre la estación base y el nuevo terminal distante se puede realizar, o no, de forma satisfactoria en el canal deseado. En la forma de realización preferida, el selector de canales 41 calcula primero los pesos de multiplexación y de demultiplexación espacio-temporales para ese terminal distante y luego, utiliza estos pesos para la estimación del rendimiento del enlace.

En la forma de realización ilustrativa, el vector de pesos de multiplexación espacio-temporales está constituido por las columnas de la matriz W_{tx} . La k-ésima columna de W_{tx} se proporciona en la ecuación (31)

$$\{\mathbf{W}_{tx}\}_k = s_k^{\dagger} \{ \mathcal{H}_t (\mathcal{H}_t^* \mathcal{H}_t)^{-1} \}_{mL_t(k-1)+1} \quad k = 1, \dots, n_t, \quad (31)$$

en donde $(\cdot)^{-1}$ es la inversa de una matriz, $\{\cdot\}_k$ es la k-ésima columna de una matriz, \mathcal{H}_t es la matriz de firmas espacio-temporales de multiplexación asociada con el canal pertinente y s_k^t es la amplitud de la k-ésima señal a transmitirse. Si la matriz de multiplexación resultante no es estable, una aproximación estable de la matriz de multiplexación se constituye como es bien conocido en esta técnica. Las amplitudes a transmitirse, s_k^t , se calculan en la forma de realización preferida utilizando las tensiones de ruido de media cuadrática (N_k) del receptor del terminal distante y las calidades de señal deseadas mínimas (SNR_k^{des}) vienen dadas por la ecuación (32):

$$s_k^t = (SNR_k^{des} \times N_k)^{1/2} . \quad (32)$$

A continuación, el selector de canales 41 calcula el voltaje (potencia) \bar{P}_t medio cuadrático a transmitirse desde cada elemento como la suma de cuadrados de los elementos adecuados de los pesos

$$\bar{P}_t = \text{diag} \left([\bar{\mathbf{W}}_{tx}^{1*} \cdots \bar{\mathbf{W}}_{tx}^{n_t*}] \begin{bmatrix} \bar{\mathbf{W}}_{tx}^1 \\ \vdots \\ \bar{\mathbf{W}}_{tx}^{n_t} \end{bmatrix} \right) , \quad (33)$$

en donde $\bar{\mathbf{W}}_{tx}^k$ es la matriz de pesos para el k-ésimo usuario según se define en la ecuación (21) y $\text{diag}(\cdot)$ es un vector obtenido apilando los elementos diagonales de una matriz. El voltaje (potencia) máximo cuadrático P_t^{peak} a transmitirse desde cada elemento se calcula como el cuadrado de la suma de la magnitud de los pesos apropiados

$$P_t^{peak} = \text{diag} \left(\text{abs}([\bar{\mathbf{W}}_{tx}^{1*} \cdots \bar{\mathbf{W}}_{tx}^{n_t*}]) \text{abs} \left(\begin{bmatrix} \bar{\mathbf{W}}_{tx}^1 \\ \vdots \\ \bar{\mathbf{W}}_{tx}^{n_t} \end{bmatrix} \right) \right) , \quad (34)$$

en donde $\text{abs}(\cdot)$ es el valor absoluto a la escala de los elementos. El selector de canales 41 compara estos valores con respecto a los límites para cada uno de los transmisores para cada uno de los elementos. Si cualquiera de los valores máximos o medios supera los límites admisibles, el terminal distante en cuestión no es asignado al canal candidato. De no ser así, se comprueba la capacidad para la recepción satisfactoria desde el terminal distante.

En una forma de realización alternativa, los límites de transmisores se utilizan como limitaciones de la desigualdad en un algoritmo de optimización para calcular los pesos de transmisión que cumplen las especificaciones dadas y que dan lugar también a una cantidad mínima de potencia transmitida posible. Si no pueden encontrarse pesos de transmisión que satisfagan las limitaciones, el terminal distante en cuestión no se asigna al canal candidato. Dichos algoritmos de optimización son bien conocidos.

En una forma de realización alternativa que emplea la duplexión por división de tiempo (TDD), los pesos de multiplexación se eligen para ser versiones a escala de los pesos de demultiplexación puesto que los canales y la interferencia se supone que son recíprocos. El parámetro de escala se elige para proporcionar una relación SINR suficiente en el terminal distante.

Para probar el enlace ascendente, el selector de canales 41 calcula los pesos de demultiplexación espacio-temporales \mathbf{W}_{rx} que utiliza la matriz de firmas espacio-temporales de demultiplexación \mathcal{H}_r asociada con el canal pertinente. En la forma de realización ilustrativa, los vectores de pesos de demultiplexación espacio-temporales son las columnas de la matriz \mathbf{W}_{rx} dada en la ecuación (35):

$$\mathbf{W}_{rx} = (\mathcal{H}_r \mathbf{P}_r \mathcal{H}_r^* + \mathbf{R}_{nn})^{-1} \mathcal{H}_r \bar{\mathbf{P}}_r , \quad (35)$$

en donde la k-ésima columna de $\bar{\mathbf{P}}_r$ viene dada por la ecuación (36)

$$\{\bar{\mathbf{P}}_r\}_k = \{\mathbf{P}_r\}_{L_r(k-1)+1} \quad k = 1, \dots, n_r , \quad (36)$$

en donde \mathbf{P}_r es una matriz (diagonal) de amplitudes (potencias) de media cuadrática de las señales s_r^{k,L_r} transmitidas por los terminales distantes

$$P_r = E\left\{ \begin{bmatrix} s_r^{1,L_r}(t) \\ \vdots \\ s_r^{n_r,L_r} \end{bmatrix} [s_r^{1,L_r^*}(t) \cdots s_r^{n_r,L_r^*}] \right\} \quad (37)$$

y $R_{nn} = E\{e_r(t)e_r^*(t)\}$ es la covarianza de ruidos de estaciones base. A continuación, el valor previsto de la covarianza de errores cuadráticos medios normalizada se calcula en una forma de realización como sigue:

$$\overline{MSE} = \bar{P}_r^{-1/2} ((I - \mathbf{W}_{rx}^* \mathcal{H}_r) P_r (I - \mathbf{W}_{rx}^* \mathcal{H}_r)^* + \mathbf{W}_{rx}^* R_{nn} \mathbf{W}_{rx}) \bar{P}_r^{-*/2} \quad (38)$$

en donde la notación $(\cdot)^{-*/2}$ indica la transpuesta conjugada compleja de la raíz cuadrada de la matriz. La inversa de MSE es una estimación de la relación de señal a interferencia más ruido (*SINR*) prevista a la salida del demultiplexor espacio-temporal:

$$\overline{SINR} = \overline{MSE}^{-1}. \quad (39)$$

Si todos los elementos diagonales de \overline{SINR} son superiores a los umbrales deseados sobre la base de la calidad de señal requerida para recibirse desde cada terminal distante, al terminal distante le está permitido el acceso al canal. Si el terminal distante candidato está por debajo de su umbral y tiene la capacidad para aumentar su potencia de salida, los mismos cálculos se realizan de nuevo para aumentar la salida de potencia del terminal distante hasta que se alcance la potencia de salida máxima para ese terminal distante y el valor de \overline{SINR} sea todavía insuficiente, otro terminal distante \overline{SINR} se hace inferior a su valor umbral, en cuyo caso se aumenta su potencia si es posible o se superan todos los umbrales. Si pueden encontrarse potencias de transmisión de terminales distantes aceptables, al terminal distante se concede acceso a este canal particular y de no ser así, se deniega el acceso y se comprueba otro canal.

En una forma de realización alternativa, el cálculo de los pesos de demultiplexación se realiza utilizando procedimientos de optimización bien conocidos con el objetivo de minimizar las potencias de transmisión de terminales distantes sujetas a señales estimadas en la estación base que cumplan o superen sus valores *SINR* deseados mínimos.

Además, en una forma de realización alternativa, en el caso de que no pueda encontrarse ningún canal para admitir el terminal distante, el selector de canales 41 calcula si alguna redistribución de los terminales distantes existentes, entre los canales, permitirá el soporte del terminal distante en algún canal. En este caso, al terminal distante solamente se denegará la comunicación en este momento si ninguna redistribución de los usuarios existentes permite la admisión del terminal distante.

En una forma de realización alternativa que emplea la duplexión por división de frecuencia (FDD) los terminales distantes no están restringidos a que se les asigne un par de canales fijos para la transmisión y recepción. Una arquitectura del sistema suficientemente flexible se utiliza en donde el selector de canales 41 puede elegir entre asignar un terminal distante particular a canales de transmisión y recepción separados por diferentes desplazamientos dúplex de diferente frecuencia con el fin de minimizar los niveles de interferencia del sistema global.

Los pesos de multiplexación y de demultiplexación espacio-temporales para terminales distantes que utilicen ya un canal deben recalcularse puesto que la adición de un nuevo terminal distante a ese canal puede cambiarlos de forma significativa. En la forma de realización preferida, el selector de canales 41, que ha realizado ya los cálculos necesarios, envía los nuevos pesos de multiplexación y de demultiplexación espacio-temporales al procesador de pesos espacio-temporales 43 para su uso en el establecimiento del multiplexor 23 y del demultiplexor 20 espacio-temporales. En una forma de realización alternativa, el procesador de pesos espacio-temporales 43 utiliza las matrices de firmas espacio-temporales que se le envían por el selector de canales 41 para calcular diferentes conjuntos de pesos de multiplexación y de demultiplexación espacio-temporales para todos los terminales distantes en ese canal.

El procesador de pesos espacio-temporales 43 envía luego los nuevos pesos de demultiplexación espacio-temporales a los demultiplexores espacio-temporales 20 y los nuevos pesos de multiplexación espacio-temporales a los multiplexores espacio-temporales 23 para este canal. Actualiza la lista de terminales distantes activos 40 e informa al controlador de procesador espacio-temporal 39 que informa, a su vez, al controlador de estación base 3 del canal seleccionado. El controlador de estación base 3 transmite luego un mensaje al terminal distante utilizando el canal de control de enlace descendente que da instrucciones al terminal distante para la conmutación al canal deseado.

Puede deducirse de la ecuación (31) que los pesos de multiplexación W_{ix} tienen la propiedad:

$$\mathbf{W}_{ix}^* \mathcal{H}_i = \text{diag}(s^i_1, \dots, s^i_{n_i}), \quad (40)$$

5 en donde $\text{diag}(\cdot)$ es una matriz diagonal con elementos diagonales formados a partir de un vector. Esto significa que en el k-ésimo terminal distante, la señal prevista para enviarse a ese terminal se recibe con una amplitud (real positiva) suficiente s^i_k . El hecho de que $\mathbf{W}_{ix}^* \mathcal{H}_i$ tenga elementos cero fuera de la diagonal significa que en el k-ésimo terminal distante, ninguna de las otras señales, que se transmiten, se reciben por ese terminal distante. De esta manera, cada terminal distante recibe solamente las señales previstas para dicho canal en los niveles de potencia necesarios para garantizar comunicaciones adecuadas. En formas de realización alternativas, las incertidumbres en las estimaciones de \mathcal{H}_i se incorporan en el establecimiento de los niveles de potencia de transmisión de estación base y se calculan los pesos con el fin de minimizar el efecto de los errores y/o cambios en \mathcal{H}_i .

15 De modo similar, en la estación base, los pesos de demultiplexación particulares dados en (35) tienen la propiedad de que con la condición del conocimiento de las firmas espacio-temporales de recepción y las tensiones (potencias) transmitidas desde los terminales distantes, las señales estimadas \hat{S} dadas por:

$$\hat{S} = \mathbf{W}_{rx}^* \mathbf{z}_r, \quad (41)$$

20 son las más exactas en el sentido del menor error cuadrático medio. En particular, se adaptan más estrictamente a las señales transmitidas por los terminales distantes dadas las mediciones realizadas en la estación base por los elementos de antenas múltiples.

25 Las ecuaciones (31) y (35) representan solamente una manera de calcular los pesos de multiplexación y de demultiplexación espacio-temporales. Hay otras estrategias similares que demuestran propiedades similares a las ilustradas en la ecuación (40) y descritas en el párrafo anterior. Otras técnicas bien conocidas para calcular los pesos W_{ix} y W_{rx} tienen en cuenta la incertidumbre en las matrices de firmas espacio-temporales de multiplexación y demultiplexación \mathcal{H}_i y \mathcal{H}_r y pueden incorporar restricciones de margen dinámico y de potencia más concretas.

30 Determinación de las firmas espacio-temporales

Según se ilustra en la Figura 8, el procesador espacio-temporal 13 contiene también un procesador de firmas espacio-temporales 44 para encontrar las firmas espacio-temporales de los terminales distantes. En la forma de realización ilustrativa, el procesador de firmas espacio-temporales 44 utiliza las técnicas de calibración similares a las descritas en la patente de Estados Unidos 5,546,090 (emitida con fecha 13 de agosto de 1996), titulada "Método y aparato para calibrar conjuntos matriciales de antenas".

40 En la forma de realización ilustrativa, cada terminal distante es capaz de introducir un modo de calibración. En el modo de calibración, el terminal distante puede transmitir señales predeterminadas e introducir también el modo de transpondedor en donde la señal recibida 49 se retransmite a la estación base 1. El modo de calibración se controla por la unidad CPU del terminal distante 68. Haciendo referencia a la Figura 9, el modo de transpondedor se proporciona por el conmutador 69 controlado por la unidad CPU de terminal distante 68 por intermedio de la señal de control de conmutación 70.

45 Para determinar las firmas espacio-temporales de transmisión y de recepción de un terminal distante, el procesador de firma espacio-temporal 44 da una orden al terminal distante para introducir el modo de calibración transmitiéndole una orden a través del canal de enlace descendente. Esta orden se genera por el controlador de estación base 3, sobre la base de una demanda desde el controlador de procesador espacio-temporal 39 y se modula por los moduladores de señales 24. En una forma de realización alternativa, el modo de calibración se introduce periódicamente a instancias predeterminadas.

55 El terminal distante transmite luego la señal de calibración de terminal predeterminada en el canal. En la forma de realización presente, la señal de calibración de terminal es una secuencia de ruido pseudo-aleatorio conocida confinada a la banda de frecuencias del canal actual. En otra forma de realización, la señal de calibración de terminal predeterminada es cualquier señal conocida. Las muestras de tiempo de los datos recibidos se memorizan en una matriz X de datos de m por N_r , que en conformidad con la ecuación (5) y en la ausencia de compensaciones de ruido y de parámetros viene dada por

$$\mathbf{X} = \mathbf{h}_r \mathbf{S}_r \quad (42)$$

60 en donde S_r es la matriz de M_r por N_r de señales de calibración de terminales predeterminados. La matriz de respuesta de canal de recepción viene dada entonces por

$$\mathbf{h}_r = \mathbf{X}\mathbf{S}_r^\dagger \quad (43)$$

5 en donde \mathbf{s}_r^\dagger es la pseudo-inversa de Moore-Penrose conocida de la matriz \mathbf{S}_r que satisface la relación $\mathbf{s}_r \mathbf{s}_r^\dagger = \mathbf{I}$ (la matriz de identidad) para matrices de rangos completos \mathbf{S}_r que tiene más columnas que filas, $\mathbf{s}_r^\dagger \mathbf{s}_r = \mathbf{I}$ para matrices de rango completo \mathbf{S}_r que tienen más filas que columnas. La signatura espacio-temporal de recepción H_r puede construirse ahora a partir de la matriz de canales h_r .

10 En formas de realización alternativas, la signatura espacio-temporal de recepción H_r se determina directamente memorizando muestras de tiempo del vector de recepción espacio-temporal en una matriz de datos de mL_r por N_r , \mathbf{Z} , que en conformidad con la ecuación (8) y en la ausencia de desplazamientos de ruido y parámetros viene dada por

$$\mathbf{Z} = \mathbf{H}_r \mathbf{S}_r \quad (44)$$

15 en donde, en este caso \mathbf{S}_r es la matriz de $M_r + L_r - 1$ por N_r de señales de calibración de terminales predeterminados. La signatura espacio-temporal de recepción viene dada entonces por

$$\mathbf{H}_r = \mathbf{Z}\mathbf{S}_r^\dagger \quad (45)$$

20 Las signaturas espacio-temporales de recepción pueden determinarse mientras otros terminales están utilizando el mismo canal.

En formas de realización alternativas, el vector de pesos de demultiplexación espacio-temporal se determina directamente a partir de la ecuación (46):

$$\mathbf{w}_{rx}^* \mathbf{Z} = \mathbf{S}_r \quad (46)$$

25 en donde, en este caso, \mathbf{S}_r es el vector de 1 por N_r que contiene la señal de calibración de terminal predeterminada. El vector de pesos de demultiplexación espacio-temporal viene dado entonces por

$$\mathbf{w}_{rx} = \mathbf{Z}^\dagger \mathbf{S}_r^* \quad (47)$$

30 Los vectores de pesos de demultiplexación espacio-temporales pueden determinarse mientras otros terminales están utilizando el mismo canal.

35 En una forma de realización alternativa, la señal de calibración de terminal no es completamente conocida, pero tiene parámetros de formato de modulación predeterminados. Varias técnicas conocidas en este sector hacen uso de parámetros de formato de modulación predeterminados, a modo de ejemplo, una señal de módulo constante para determinar la matriz de canales de recepción. Una vez que se determina la matriz de canales de recepción, la signatura espacio-temporal de recepción se forma en la forma anteriormente descrita. Es también evidente que un experto en esta técnica conoce como determinar la signatura espacio-temporal de recepción o el vector de pesos de demultiplexación utilizando los parámetros de formatos de modulación predeterminados de la señal de calibración de terminal.

40 En formas de realización alternativas relacionadas con las descritas en la patente de Estados Unidos 5,546,090 (emitida con fecha 13 de agosto de 1996) titulada "Método y aparato para calibrar conjuntos matrices de antenas", se utilizan técnicas bien conocidas para tener en cuenta el ruido presente en el sistema y las variaciones de parámetros tales como las compensaciones de frecuencias del oscilador.

45 Una vez que se conoce el valor de H_r , los pesos de demultiplexación se calculan y el terminal distante introduce el modo de transpondedor. El procesador de signaturas espacio-temporales 44 transmite, entonces, las señales de calibración de estación base predeterminadas 11 en el canal ocupado por el terminal distante, proporcionando instrucciones a los transmisores multicanales 17(a, ..., m) por intermedio de los datos de control de transmisores 37 y un controlador de procesador espacio-temporal 39. En la forma de realización actual, las m señales (para cada antena) entre las señales de calibración de estación base predeterminadas 11 son diferentes secuencias de ruido pseudo-aleatorio conocidas confinadas a la banda de frecuencias del canal actual. En otra forma de realización, las señales de calibración de estación base predeterminadas 11 son cualesquiera señales distintas conocidas.

60 El terminal distante, ilustrado en la Figura 9, transmite de nuevo la señal recibida en el terminal distante. Esta señal objeto de transposición se recibe por receptores multicanales 15 en la estación base 1 que se ilustra en la Figura 1 y que suministra al procesador de signaturas espacio-temporales 44 ilustrado en la Figura 8. Las muestras de tiempo de los datos recibidos se procesan por los pesos de demultiplexación y la señal resultante se memoriza en una matriz \mathbf{Z}_t de datos, de 1 por N_t , que en conformidad con la ecuación (14) y en la ausencia de compensaciones de

ruido y de parámetros viene dada por

$$\mathbf{Z}_t = k [\mathbf{h}_t^T(1) \cdots \mathbf{h}_t^T(L_t)] \mathbf{S}_t \quad (48)$$

5 en donde S_t es la matriz de mL_t por N_t de señales de calibración de estaciones base predeterminadas y k es una magnitud conocida mediante la cual se amplifica la señal en el terminal distante antes de la retransmisión a la estación base.

La respuesta de canal de transmisión viene dada entonces por

$$[\mathbf{h}_t^T(1) \cdots \mathbf{h}_t^T(L_t)] = k^{-1} \mathbf{Z}_t \mathbf{S}_t^\dagger . \quad (49)$$

La signatura espacio-temporal H_t puede formarse ahora a partir de la respuesta de canal de transmisión.

15 En una forma de realización alternativa, la señal de calibración de estación base no es completamente conocida, pero tiene parámetros de formatos de modulación predeterminados. Varias técnicas conocidas en este ámbito hacen uso de parámetros de formatos de modulación predeterminados para determinar la matriz del canal de transmisión.

20 En formas de realización alternativas también descritas en la patente de Estados Unidos 5,546,090 (emitida con fecha 13 de agosto de 1996), titulada "Método y aparato para calibrar conjuntos matriciales de antenas" se utilizan técnicas bien conocidas para tener en cuenta el ruido presente en el sistema y las variaciones de parámetros tales como compensaciones de frecuencias de osciladores.

25 En una forma de realización alternativa, el modo de calibración consiste solamente en el modelo de transpondedor anteriormente descrito. La matriz de canales de recepción se determina, entonces, aplicando una de varias técnicas descritas en la documentación pertinente, véase, a modo de ejemplo, la de E. Moulines, P. Duhamel, J. F. Cardoso y S. Mayrargue, titulada "Métodos subespaciales para la identificación a ciegas de filtros FIR multicanales", IEEE Transactions on Signal Processing, 43(2):516-525, febrero 1995.

30 El procesador de signaturas espacio-temporales 44 memoriza las nuevas signaturas espacio-temporales en la base de datos de terminales distantes 42. A la conclusión de esta operación, el procesador de signaturas espacio-temporales 44 proporciona órdenes al terminal distante para salir del modo de calibración transmitiéndole una orden por intermedio del canal de enlace descendente.

35 En una forma de realización alternativa, el cálculo de las signaturas espacio-temporales de transmisión de terminales distantes puede realizarse directamente por los propios terminales distantes. Esta forma de realización del terminal distante se ilustra en la Figura 10. En el modo de calibración, el procesador de signaturas espacio-temporales 44 transmite señales de calibración predeterminadas 11 en el canal a calibrarse por los terminales distantes, en la forma anteriormente indicada. La unidad CPU de terminal distante 68 utiliza señales de calibración recibidas 50 y las formas de onda transmitidas conocidas para calcular la signatura espacio-temporal de transmisión del terminal distante utilizando las mismas técnicas usadas por el procesador de signatura espacio-temporal 44 en la forma de realización anterior. La signatura espacio-temporal de transmisión calculada se retransmite a la estación base 1 a través del modulador 57 y del transmisor 60 como datos de control a transmitirse 58. Cuando se recibe por la estación base 1, el procesador de signaturas espacio-temporales 44 memoriza la nueva signatura espacio-temporal de transmisión en la base de datos de terminales distantes 42. Puesto que cada terminal distante realiza el cálculo de la signatura espacio-temporal de transmisión de forma independiente, esta disposición operativa permite a los terminales distantes múltiples calcular su propia signatura espacio-temporal de transmisión simultáneamente en el mismo canal. En esta forma de realización, las signaturas espacio-temporales de recepción de terminales distantes se calculan por el procesador de signatura espacio-temporal 44 en la misma manera que en la forma de realización anterior.

50 Utilizando estas técnicas, el procesador de signatura espacio-temporal 44 puede medir las signaturas espacio-temporales de transmisión y de recepción de terminales distantes para un canal particular en cualquier momento en que dicho canal está inactivo. La eficiencia de estas técnicas de calibración permite al procesador de signatura espacio-temporal 44 actualizar las signaturas espacio-temporales de numerosos terminales distantes para un canal particular al mismo tiempo que ocupa ese canal durante solamente un intervalo de tiempo corto.

55 En una forma de realización alternativa, las signaturas espacio-temporales de recepción se obtienen en un modo de realimentación orientada a la decisión. Los datos de recepción se demodulan y luego se vuelven a modular para obtener una estimación de la señal modulada original. Estas técnicas permiten que las signaturas espacio-temporales de recepción sean estimadas incluso cuando múltiples terminales distantes están ocupando un canal único.

60 En otra forma de realización, el sistema puede diseñarse para actualizar continuamente las signaturas espacio-

temporales de los terminales distantes en una manera de “bucle cerrado”. Esta operación se realiza teniendo en cuenta la variación en el tiempo de las firmas espacio-temporales debido a, a modo de ejemplo, el movimiento del terminal distante o los cambios en las condiciones de propagación de RF. Para hacerlo, la estación base y el terminal distante transmiten periódicamente secuencias de formación predeterminadas. Cada terminal distante actualmente activo en un canal particular tiene la asignación de una secuencia de formación predeterminada diferente y se proporciona la secuencia de formación para todos los demás terminales distantes actualmente activos en ese canal particular. En una forma de realización, las diferentes secuencias de formación son ortogonales en el sentido de que el producto interior de cualesquiera dos de las formas de onda de secuencias de formación es cero. Cada vez que se transmiten las secuencias de formación, cada terminal distante calcula la magnitud de cada secuencia de formación que ha recibido utilizando técnicas bien conocidas y transmite esta información a la estación base.

En la forma de realización ilustrativa, la estación base utiliza las salidas del receptor y el conocimiento de las formas de onda transmitidas para calcular las firmas espacio-temporales de recepción de terminales distantes. En otra forma de realización, la estación base calcula la magnitud de cada secuencia de formación transmitida a distancia que ha llegado a través de cada salida del demultiplexor espacio-temporal, que se expresa como coeficiente de acoplamiento complejo. El conocimiento de estos coeficientes de acoplamiento permite que las firmas espacio-temporales de recepción y de transmisión, actualmente activas, sean corregidas con el fin de corregir la interferencia mutua utilizando técnicas bien conocidas.

Por último, en sistemas que utilizan la duplexión por división de tiempo (TDD) para comunicaciones de dúplex completo, como es bien conocido en esta técnica, las frecuencias de transmisión y de recepción son las mismas. En este caso, utilizando el principio bien conocido de la reciprocidad, las firmas espacio-temporales de transmisión y de recepción se relacionan directamente. De este modo, esta forma de realización determina solamente una de las firmas, a modo de ejemplo, la firma espacio-temporal de recepción y la otra, en este caso, la firma espacio-temporal de transmisión, se calcula a partir de la primera firma espacio-temporal (de recepción) y el conocimiento de las características relativas de fase y de amplitud de receptores multicanales 15 y de transmisores multicanales 14.

30 Procesamiento espacio-temporal a nivel de red

En la forma de realización aquí ilustrada, el procesador espacio-temporal para cada estación base, en el sistema de comunicaciones inalámbricas de tipo celular, funciona de forma independiente para maximizar el número de canales de comunicaciones en la célula inmediata. Sin embargo, se pueden realizar mejoras de la capacidad del sistema importantes si el procesador espacio-temporal, de cada estación base, se comunica con ella y coordina sus esfuerzos con los procesadores espacio-temporales de otras células cercanas. Una forma de realización específica se ilustra en la Figura 11.

Un controlador de estación base múltiple 72 actúa como la interfaz entre la red de área amplia 71 a través del enlace 74 y las estaciones base 1 (a, b, c) a través de los enlaces de comunicaciones de estación base 2 (a, b, c). Cada estación base es responsable de proporcionar cobertura a varios terminales distantes. En una forma de realización, a cada terminal distante se le asigna solamente una estación base, con lo que se definen los límites de la célula 73 (a, b, c) dentro de la cual todos los terminales distantes están situados para una estación base particular. Los usuarios provistos de terminales distantes 75 se identifican por una letra “R” encuadrada en la Figura.

Cada procesador espacio-temporal, contenido en las estaciones base 1 (a, b, c), mide y memoriza las firmas espacio-temporales de los terminales distantes en su célula y también en los terminales distantes en células adyacentes. La determinación de las firmas espacio-temporales de los terminales distantes, en células adyacentes, se coordina por un controlador de estación base múltiple 72 por intermedio de los enlaces de comunicaciones de estaciones base 2 (a, b, c) y el controlador de estación base múltiple 72, los procesadores espacio-temporales en las estaciones base 1 (a, b, c) de células adyacentes se informan entre sí sobre qué terminales distantes están en comunicación y en qué canales. Cada procesador espacio-temporal incluye las firmas espacio-temporales de terminales distantes que están actualmente activos en células adyacentes para formar matrices ampliadas de firmas espacio-temporales de multiplexación y de demultiplexación \mathcal{H}_t y \mathcal{H}_r que se envían a la totalidad de las estaciones base adyacentes. Los selectores de canales, en cada estación base, que utilizan estas matrices de firmas espacio-temporales ampliadas, asignan conjuntamente terminales distantes a cada canal en cada una de las estaciones base 1 (a, b, c).

Los pesos de multiplexación y de demultiplexación resultantes W_{tx} y W_{rx} , para cada estación base, se calculan luego utilizando matrices de firmas de multiplexación y de demultiplexación ampliadas \mathcal{H}_t y \mathcal{H}_r . Al calcular los pesos, el objetivo es minimizar la señal transmitida y recibida desde los terminales distantes activos de la célula adyacente, con lo que se permite que muchos más terminales distantes se comuniquen simultáneamente.

En una forma de realización alternativa, el controlador de estación base múltiple 72 asigna terminales distantes que demandan acceso a estaciones base de forma dinámica utilizando una lista de enlaces activos de terminal

5 distante/estación base/canal, las bases de datos de terminales distantes asociadas y los requisitos particulares para el enlace objeto de asignación. Además, los terminales distantes pueden emplear múltiples antenas (direccionales) de transmisión y de recepción para facilitar los enlaces direccionales para múltiples estaciones base cercanas según las instrucciones dadas por el controlador de estación base múltiple 72 para aumentar todavía más la capacidad del sistema.

Ventajas

10 El aparato y método en conformidad con la invención da a conocer una importante ventaja sobre la técnica anterior en cuanto que permite que muchos terminales distantes compartan simultáneamente el mismo canal de comunicación mediante multiplexación/demultiplexación espacio-temporal simultánea. Además, las señales recibidas desde, y transmitidas a, los terminales distantes han mejorado notablemente la relación de señal a ruido, reducido su interferencia y mejorado la calidad en entorno de rutas múltiples en comparación con una estación base estándar.

15 De este modo, un sistema de comunicaciones inalámbricas puede soportar muchas veces más conversaciones o tiene un rendimiento de transmisión de datos mucho mayor, con la misma cantidad de espectro. Como alternativa, un sistema de comunicaciones inalámbricas puede soportar el mismo número de conversaciones o rendimiento de datos con mucho menos espectro.

20 Formas de realización alternativas

25 En una forma de realización alternativa, las antenas de transmisión 18(a,..., m) y las antenas de recepción 19(a,..., m) en la estación base 1 se sustituyen por un conjunto matricial único de m antenas. Cada elemento, en este conjunto, se une a su componente respectivo de transmisores multicanal 14 y su componente respectivo de receptores multicanal 15 por medio de un duplexor.

30 En otra forma de realización alternativa, las señales en el canal de control de enlace ascendente pueden procesarse en tiempo real utilizando el procesamiento espacio-temporal descrito en el documento WO 98/18272. Esto permitiría a los terminales distantes múltiples demandar un canal de comunicación al mismo tiempo.

35 En otra forma de realización de aplicaciones que implican la transmisión de datos de ráfagas cortas o paquetes de datos, no se requiere ningún canal de control de enlace ascendente separado y el sistema puede atender a las demandas de comunicación y otras funciones de control durante los intervalos temporales de control que se intercalan con los intervalos de comunicaciones.

40 Aunque la descripción anterior contiene numerosas especificidades, éstas no deben interpretarse como limitaciones al alcance de protección de la invención, sino más bien como una realización, a modo de ejemplo, de su forma de realización preferida. Numerosas otras variaciones son posibles. En consecuencia, el alcance de la invención debe determinarse no por las formas de realización ilustradas, sino por las reivindicaciones adjuntas.

45

REIVINDICACIONES

1. Un sistema inalámbrico en una estación base (1) para calcular señales de enlace ascendente transmitidas desde una pluralidad de terminales distantes utilizando un canal de enlace ascendente común, comprendiendo dicho sistema:

un medio de recepción (15, 19) que incluye una pluralidad de elementos de antena (19) y receptores (15) para producir medidas de combinaciones de dichas señales de enlace ascendente procedentes de dicha pluralidad de terminales distantes utilizando dicho canal de enlace ascendente común;

un medio de procesamiento espacio-temporal de recepción (13) para determinar y memorizar firmas espacio-temporales de recepción para dicha pluralidad de terminales distantes utilizando dichas medidas y para determinar y memorizar pesos de demultiplexación espacio-temporal para cada elemento de antena (19) con el fin de permitir la separación que las señales de enlace ascendente con las combinaciones de señales de enlace ascendente medidas por los elementos de antena (19), comprendiendo los pesos de demultiplexación espacio-temporal para cada elemento de antena (19) una pluralidad L de pesos correspondientes a la longitud de una ventana deslizante; y

un medio de demultiplexación espacio-temporal (20) que comprende una pluralidad de filtros temporales de recepción (22) y un sumador (21), estando cada filtro temporal de recepción (22) diseñado para recibir una señal desde un elemento de antena correspondiente (19) y un conjugado complejo de los pesos de demultiplexación espacio-temporal para el elemento de antena respectivo (19), estando el sumador (21) diseñado para sumar la salida de los filtros temporales de recepción (22) con el fin de generar señales de enlace ascendente separadas, comprendiendo cada filtro temporal de recepción (22) una serie de retardos de muestreo (27) correspondientes a la longitud L de la ventana deslizante, estando los multiplicadores (26) diseñados para multiplicar versiones retardadas en el tiempo de la señal recibida para un elemento de antena (19) mediante pesos de demultiplexación espacio-temporal respectivos y un sumador (28) diseñado para sumar los resultados de las multiplicaciones con el fin de generar la salida del filtro temporal de recepción (22).

2. El sistema inalámbrico según la reivindicación 1, en donde dicho medio de procesamiento espacio-temporal de recepción (13) está diseñado para determinar dichos pesos de demultiplexación espacio-temporal bajo la forma de columnas de una matriz W_{rx} según se indica a continuación:

$$W_{rx} = (H_r P_r H_r^* + R_{nn})^{-1} H_r \bar{P}_r,$$

$$W_{rx} = (H_r P_r H_r^* - R_{nn})^{-1} H_r \bar{P}_r,$$

en donde $(\cdot)^*$ representa la transpuesta conjugada compleja de una matriz, $(\cdot)^{-1}$ representa la inversa de una matriz, R_{nn} es la matriz de covarianza del ruido de dicho receptores, \bar{P}_r es una matriz de potencia de transmisión de los terminales distantes de dicha pluralidad de terminales distantes y H_r es una matriz de firmas espacio-temporales de demodulación compuesta de dichas firmas espacio-temporales de recepción para dicha pluralidad de terminales distantes y dicho canal de enlace ascendente común.

3. El sistema inalámbrico según la reivindicación 1, en donde dicho canal de enlace ascendente común es uno de entre una pluralidad de canales de enlace ascendente y en donde dicho medio de procesamiento espacio-temporal de recepción comprende:

un medio para memorizar una lista de terminales distantes activos de terminales remotos asignados a al menos un canal de dicha pluralidad de canales de enlace ascendente;

un medio para memorizar una lista de firmas espacio-temporales que comprende una firma espacio-temporal de recepción para cada terminal distante de dicha pluralidad de terminales distantes y cada canal de dicha pluralidad de canales de enlace ascendente;

un medio de determinación de firmas espacio-temporales de recepción para determinar dichas firmas espacio-temporales de recepción de dicha lista de firmas espacio-temporales;

un selector de canales de recepción que utiliza dicha lista de terminales distantes activos y dicha lista de firmas espacio-temporales de recepción para determinar asignaciones de cada terminal distante en dicha lista de terminales distantes activos a por lo menos uno de los canales de dicha pluralidad de canales de enlace ascendente y

un procesador de pesos espacio-temporales de recepción para calcular pesos de demultiplexación espacio-temporal para cada uno de los terminales de dicha lista de terminales distantes activos y cada canal de dicha pluralidad de canales de enlace ascendente asignados a al menos uno de los terminales de dicha lista de terminales distantes activos.

4. El sistema inalámbrico según la reivindicación 1, para calcular señales de enlace descendente que deben emitirse hacia una pluralidad de terminales distantes utilizando un canal de enlace descendente común, comprendiendo dicho sistema además:

5 un medio de transmisión (14, 18) que incluye una pluralidad de elementos de antena (18) y de transmisores (14) para transmitir combinaciones de dichas señales de enlace descendente hacia dicha pluralidad de terminales distantes utilizando dicho canal de enlace descendente común;

10 un medio de procesamiento espacio-temporal de transmisión (13) para determinar y memorizar firmas espacio-temporales de transmisión para dicha pluralidad de terminales distantes y para determinar y memorizar pesos de multiplexación espacio-temporal para cada elemento de antena (18) con el fin de permitir la combinación de señales de enlace descendente para la transmisión por los elementos de antena (18), comprendiendo los pesos de multiplexación espacio-temporal, para cada elemento de antena (18) una pluralidad L de pesos correspondientes a la longitud de una ventana deslizante y

15 un medio de multiplexación espacio-temporal (23) que comprende una pluralidad de filtros temporales de transmisión (29), estando cada filtro temporal de transmisión (29) diseñado para proporcionar, a la salida, una señal a un elemento de antena correspondiente (18) y para recibir una señal combinada (9) y una conjugada compleja de los pesos de multiplexación espacio-temporal para el elemento de antena respectivo (18); comprendiendo cada filtro temporal de transmisión (29) una serie de retardos de muestreo (31) que corresponden a la longitud L de la ventana deslizante, multiplicadores (30) diseñados para multiplicar versiones retardadas en el tiempo de la señal combinada (9) mediante pesos de demultiplexación espacio-temporal respectivos y un sumador (32) diseñado para sumar los resultados de las multiplicaciones con el fin de generar la salida del filtro temporal de transmisión (29).

25 **5.** El sistema inalámbrico según la reivindicación 4, en donde dicho medio de recepción (15, 19) y dicho medio de transmisión (14, 18), comparten elementos de antena comunes utilizando duplexores.

30 **6.** El sistema inalámbrico según la reivindicación 4, en donde dicho medio de recepción (15, 19) y dicho medio de transmisión (14, 18) comparten elementos de antena comunes utilizando conmutadores de transmisión/recepción.

7. El sistema inalámbrico según la reivindicación 4, en donde dicho canal de enlace ascendente común es uno de entre una pluralidad de canales de enlace ascendente, siendo canal de enlace descendente común uno de entre una pluralidad de canales de enlace descendente y en donde dicho medio de procesamiento espacio-temporal de recepción (13) y dicho medio de procesamiento espacio-temporal de transmisión (13) comprenden:

35 un medio para memorizar una lista de terminales distantes activos que comprende una lista de terminales distantes asignados a al menos uno de los canales de entre dicha pluralidad de canales de enlace ascendente y de terminales distantes asignados a al menos uno de entre los canales de entre dicha pluralidad de canales de enlace descendente;

40 un medio para memorizar una lista de firmas espacio-temporales que comprende una firma espacio-temporal de recepción para cada terminal distante de dicha pluralidad de terminales distantes y cada canal de dicha pluralidad de canales de enlace ascendente y una firma espacio-temporal de transmisión para cada terminal distante de dicha pluralidad de terminales distantes y cada canal de dicha pluralidad de canales de enlace descendente;

45 un medio de determinación de firmas espacio-temporales de recepción para determinar dichas firmas espacio-temporales de recepción;

50 un medio de determinación de firmas espacio-temporales de emisión para determinar dichas firmas espacio-temporales de emisión y

55 un selector de canal que utiliza lista de terminales distantes activos y dicha lista de firmas espacio-temporales para determinar asignaciones de cada terminal distante de dicha lista de terminales distantes activos a al menos uno de los canales de dicha pluralidad de canales de enlace ascendente y a al menos uno de los canales de dicha pluralidad de canales de enlace descendente.

8. El sistema inalámbrico según la reivindicación 4, en cada una de una pluralidad de estaciones base, en donde dicho canal de enlace ascendente común es uno de entre una pluralidad de canales de enlace ascendente, siendo canal de enlace descendente común uno de entre una pluralidad de canales de enlace descendente, comprendiendo cada medio de procesamiento espacio-temporal de transmisión:

60 un medio para memorizar una lista de terminales distantes activos que comprende una lista de terminales distantes asignados a al menos uno de los canales de dicha pluralidad de canales de enlace ascendente y de terminales distantes asignados a al menos uno de los canales de dicha pluralidad de canales de enlace descendente;

65 un medio para memorizar una lista de firmas espacio-temporales que comprende una firma espacio-

temporal de recepción para cada terminal distante de dicha pluralidad de terminales distantes y cada canal de dicha pluralidad de canales de enlace ascendente y una signatura espacio-temporal de transmisión para cada terminal distante de dicha pluralidad de terminales distantes y cada canal de dicha pluralidad de enlace descendente;

5 un medio de determinación de signaturas espacio-temporales de recepción para determinar dicha signatura espacio-temporal de recepción;

un medio de determinación de signaturas espacio-temporales de transmisión para determinar dichas signaturas espacio-temporales de transmisión;

10 un procesador de pesos espacio-temporales de recepción para calcular pesos de demultiplexación espacio-temporal para cada uno de los terminales de dicha lista de terminales distantes activos a los que se asigna un canal de enlace ascendente y cada canal de dicha pluralidad de canales de enlace ascendente asignados a al menos uno de

15 los terminales de dicha lista de terminales distantes activos, siendo dichos pesos de demultiplexación espacio-temporal utilizados por dicho medio de demultiplexación espacio-temporal para calcular dichas señales de enlace ascendente;

20 un procesador de pesos espacio-temporales de transmisión para calcular pesos de multiplexación espacio-temporal para cada uno de los terminales de dicha lista de terminales distantes activos a los que se asigna un canal de enlace descendente y cada canal de dicha pluralidad de canales de enlace descendente asignados a al menos

25 uno de los terminales de dicha lista de terminales distantes activos, siendo dichos pesos de multiplexación espacio-temporal utilizados para dicho medio de multiplexación espacio-temporal para producir dichas señales de enlace descendente multiplexadas;

30 un medio selector de canal conjunto para determinar, de manera conjunta, asignaciones de cada terminal distante de cada una de dichas listas de terminales distantes activos a al menos uno de los canales de dicha pluralidad de canales de enlace ascendente, a al menos uno de los canales de dicha pluralidad de canales de enlace descendente y a al menos una de las estaciones base de dicha pluralidad de estaciones base; y

un medio de comunicación para comunicar dichas asignaciones entre cada estación base de dicha pluralidad de estaciones base y dicho medio selector de canal conjunto.

35 **9.** El sistema inalámbrico según la reivindicación 4, en donde dicho medio de multiplexación espacio-temporal (23) está adaptado para determinar vectores de pesos de multiplexación espacio-temporal para dicho canal de enlace descendente común bajo la forma de columnas de una matriz $W_{\alpha k}$, según se indica a continuación:

$$[W_{\alpha}]_k = s_k^* [H_i (H_i^* H_i)^{-1}]_{m, (k-1)+1} \quad k = 1, \dots, n_t,$$

40 en donde $(\cdot)^*$ representa la transpuesta conjugada compleja de una matriz, $(\cdot)^{-1}$ representa la inversa de una matriz, $[\cdot]_k$ representa la k-ésima columna de una matriz, s_k^* es la amplitud de dicha k-ésima señal de enlace descendente y H_i es una matriz de signaturas espacio-temporales de multiplexación compuesta de dichas signaturas espacio-temporales de transmisión para dicha pluralidad de terminales distantes y dicho canal de enlace descendente común.

50 **10.** Un método puesto en práctica en una estación base (1) para calcular señales de enlace ascendente transmitidas desde una pluralidad de terminales distantes utilizando un canal de enlace ascendente común, comprendiendo dicho método:

la recepción, en una pluralidad de elementos de antena (19) y de receptores (15) de medidas de combinaciones de dichas señales de enlace ascendente procedentes de dicha pluralidad de terminales distantes utilizando dicho canal de enlace ascendente común;

55 la determinación y la memorización de signaturas espacio-temporales de recepción para dicha pluralidad de terminales distantes utilizando dichas medidas y la determinación y la memorización de pesos de demultiplexación espacio-temporal para cada elemento de antena (19) con el fin de permitir la separación de las señales de enlace ascendente con las combinaciones de señales de enlace descendente medidas por los elementos de antena (19), comprendiendo los pesos de demultiplexación espacio-temporal, para cada elemento de antena (19), una pluralidad L de pesos correspondientes a la longitud de una ventana deslizante; y

60 la demultiplexación espacio-temporal mediante la recepción de una señal procedente de un elemento de antena (19) correspondiente y de una conjugada compleja de los pesos de demultiplexación espacio-temporal para el elemento de antena respectivo (19) en filtros temporales de recepción (22), en cada filtro temporal de recepción (22);

la utilización de una serie de retardos de muestreo (27) correspondiente a la longitud L de la ventana deslizante con el fin de retardar cada señal procedente de un elemento de antena correspondiente (19),

5 la multiplicación de versiones retardadas en el tiempo de las señales recibidas para un elemento de antena (19) por pesos de demultiplexación espacio-temporal respectivos, y

la adición de los resultados de las multiplicaciones con el fin de generar la salida de filtro temporal de recepción (22); y

10 la adición de las salidas de los filtros temporales de recepción (22) con el fin de producir señales de enlace ascendente separadas.

11. El método según la reivindicación 10, en donde dicho pesos de demultiplexación espacio-temporal se determinan bajo la forma de la columna de la matriz W_{rx} según se indica a continuación:

$$W_{rx} = (H_r P_r H_r^* + R_{nn})^{-1} H_r \bar{P}_r,$$

en donde $(\cdot)^*$ representa la transpuesta conjugada compleja de una matriz, $(\cdot)^{-1}$ representa la inversa de una matriz, R_{nn} es la matriz de covarianza del ruido de dichos receptores, \bar{P}_r es una matriz de potencias de transmisión de los terminales distantes de dicha pluralidad de terminales distantes y H_r es una matriz de firmas espacio-temporales de demultiplexación constituidas por dichas firmas espacio-temporales de recepción para dicha pluralidad de terminales distantes y dicho canal de enlace ascendente común.

12. El método según la reivindicación 10, en donde dicho canal de enlace ascendente común es uno de entre una pluralidad de canales de enlace ascendente y la determinación y la memorización de las firmas espacio-temporales de recepción comprenden:

la memorización de una lista de terminales distantes activos que contienen terminales distantes asignados a al menos un canal de dicha pluralidad de canales de enlace ascendente;

la memorización de una lista de firmas espacio-temporales que comprende una firma espacio-temporal de recepción para cada terminal distante de dicha pluralidad de terminales distantes y cada canal de dicha pluralidad de canales de enlace descendente;

la determinación de dichas firmas espacio-temporales de recepción de dicha lista de firmas espacio-temporales;

la utilización de dicha lista de terminales distantes activos y de dicha lista de firmas espacio-temporales de recepción para determinar asignaciones de cada terminal distante de dicha lista de terminales distantes activos a al menos uno de los canales de dicha pluralidad de canales de enlace ascendente; y

el cálculo de pesos de demultiplexación espacio-temporal para cada uno de los terminales de dicha lista de terminales distantes activos y cada canal de dicha pluralidad de canales de enlace ascendente asignados a al menos uno de los terminales de dicha lista de terminales distantes activos.

13. El método según la reivindicación 10 para calcular señales de enlace descendente que deben transmitirse hacia una pluralidad de terminales distantes utilizando un canal de enlace descendente común y una pluralidad de elementos de antena (18) y de transmisores (14) para transmitir combinaciones de dichas señales de enlace descendente hacia dicha pluralidad de terminales distantes utilizando dicho canal de enlace descendente común, comprendiendo dicho método además:

la determinación y la memorización de firmas espacio-temporales de transmisión para dicha pluralidad de terminales distantes y la determinación y la memorización de pesos de multiplexación espacio-temporal para cada elemento de antena (18) con el fin de permitir la combinación de señales de enlace descendente para la transmisión por los elementos de antena (18), comprendiendo los pesos de multiplexación espacio-temporal, para cada elemento de antena (18), una pluralidad L de pesos correspondiente a la longitud de una ventana deslizante; y

la multiplexación espacio-temporal mediante suministro, a la salida, a nivel de cada uno de una pluralidad de filtros temporales de transmisión (29), de una señal a un elemento de antena correspondiente (18) y la recepción de una señal combinada (9) y de una conjugada compleja de los pesos de multiplexación espacio-temporal para el elemento de antena respectivo (18) y, en cada filtro temporal (29), la utilización de una serie de retardos de muestreo (31) correspondientes a la longitud L de la ventana deslizante con el fin de retardar cada señal procedente de un elemento de antena correspondiente (19), la multiplicación de versiones retardadas en el tiempo de la señal combinada (9) mediante pesos de multiplexación espacio-temporal respectivos y la adición de los resultados de las

multiplicaciones con el fin de generar la salida del filtro temporal de transmisión (29).

14. El método según la reivindicación 13, en donde dicho canal de enlace ascendente común es uno de entre una pluralidad de canales de enlace ascendente, siendo dicho canal de enlace descendente común uno de entre una pluralidad de canales de enlace descendente y en donde la determinación y la memorización de las firmas espacio-temporales de recepción y de dichas firmas espacio-temporales de transmisión comprenden:

la memorización de una lista de terminales distantes activos que comprende una lista de terminales distantes asignados a al menos uno de los canales de dicha pluralidad de canales de enlace ascendente y de terminales distantes asignados a al menos uno de los canales de dicha pluralidad de canales de enlace descendente;

la memorización de una lista de firmas espacio-temporales que comprende una firma espacio-temporal de recepción para cada terminal distante de dicha pluralidad de terminales distantes y cada canal de dicha pluralidad de canales de enlace ascendente y una firma espacio-temporal de transmisión para cada terminal distante de dicha pluralidad de terminales distantes y cada canal de dicha pluralidad de canales de enlace descendente;

la determinación de dichas firmas espacio-temporales de recepción;

la determinación de dichas firmas espacio-temporales de transmisión; y

la utilización de dicha lista de terminales distantes activos y de dicha lista de firmas espacio-temporales para determinar las asignaciones de cada terminal distante de dicha lista de terminales distantes activos a al menos uno de los canales de dicha pluralidad de canales de enlace ascendente y a al menos uno de los canales de dicha pluralidad de canales de enlace descendente.

15. El método según la reivindicación 13, puesto en práctica en cada una de una pluralidad de estaciones base, en donde dicho canal de enlace ascendente común es uno de entre una pluralidad de canales de enlace ascendente, siendo dicho canal de enlace descendente común uno de entre una pluralidad de canales de enlace descendente, comprendiendo el método, además:

la memorización de una lista de terminales distantes activos que incluye una lista de terminales distantes asignados a al menos uno de los canales de dicha pluralidad de canales de enlace ascendente y de terminales distantes asignados a al menos uno de los canales de dicha pluralidad de canales de enlace descendente;

la memorización de una lista de firmas espacio-temporales que comprende una firma espacio-temporal de recepción para cada terminal distante de dicha pluralidad de terminales distantes y cada canal de dicha pluralidad de canales de enlace ascendente y una firma espacio-temporal de transmisión para cada terminal distante de dicha pluralidad de terminales distantes y cada canal de dicha pluralidad de canales de enlace descendente;

la determinación de dicha firma espacio-temporal de recepción;

la determinación de dichas firmas espacio-temporales de transmisión;

el cálculo de pesos de demultiplexación espacio-temporal para cada uno de los terminales de dicha lista de terminales distantes activos a los que se asigna un canal de enlace ascendente y cada canal de dicha pluralidad de canales de enlace ascendente asignados a al menos uno de

los terminales de dicha lista de terminales distantes activos, siendo dichos pesos de demultiplexación espacio-temporal utilizados por dicho medio de demultiplexación espacio-temporal para calcular dichas señales de enlace ascendente;

un procesador de pesos espacio-temporales de transmisión para calcular pesos de multiplexación espacio-temporal para cada uno de los terminales de dicha lista de terminales distantes activos a los que se asigna un canal de enlace descendente y cada canal de dicha pluralidad de canales de enlace descendente asignados a al menos

uno de los terminales de dicha lista de terminales distantes activos, siendo dichos pesos de multiplexación espacio-temporal utilizados por dicho medio de multiplexación espacio-temporal con el fin de producir dichas señales de enlace descendente multiplexadas;

la determinación conjunta de asignaciones de cada terminal distante de cada una de dichas listas de terminales distantes activos a al menos uno de los canales de dicha pluralidad de canales de enlace ascendente, a al menos uno de los canales de dicha pluralidad de canales de enlace descendente y a al menos una de las estaciones base de dicha pluralidad de estaciones base; y

la comunicación de dichas asignaciones entre cada estación base de dicha pluralidad de estaciones base y dicho medio selector de canal conjunto.

16. El método según la reivindicación 13, en donde dichos vectores de pesos de multiplexación espacio-temporal, para dicho canal de enlace descendente común, se determinan bajo la forma de las columnas de una matriz W_{tx} , según se indica a continuación:

$$[W_{tx}]_k = s_k^* [H_t (H_t^* H_t)^{-1}]_{mL_t(k-1)+1} \quad k = 1, \dots, n_t,$$

en donde $(\cdot)^*$ representa la transpuesta conjugada compleja de una matriz, $(\cdot)^{-1}$ representa la inversa de una matriz, $[\cdot]_k$ representa la k-ésima columna de una matriz, s_k^* es la amplitud de dicha k-ésima señal de enlace descendente y H_t es una matriz de firmas espacio-temporales de multiplexación compuesta de dichas firmas espacio-temporales de transmisión para dicha pluralidad de terminales distantes y dicho canal de enlace descendente común.

17. Un sistema inalámbrico, en una estación base (1), para calcular señales de enlace descendente que deben transmitirse hacia una pluralidad de terminales distantes utilizando un canal de enlace descendente común, comprendiendo dicho sistema:

un medio de transmisión (14, 18) que incluye una pluralidad de elementos de antena (18) y de transmisores (14) para transmitir combinaciones de dichas señales de enlace descendente hacia dicha pluralidad de terminales distantes utilizando dicho canal de enlace descendente común;

un medio de procesamiento espacio-temporal de transmisión (13) para determinar y memorizar firmas espacio-temporales de transmisión para dicha pluralidad de terminales distantes y para determinar y memorizar pesos de demultiplexación espacio-temporal para cada elemento de antena (18) con el fin de permitir la combinación de las señales de enlace descendente para la transmisión por los elementos de antena (18), comprendiendo los pesos de multiplexación espacio-temporal para cada elemento de antena (18) una pluralidad L de pesos correspondientes a la longitud de una ventana deslizante; y

un medio de multiplexación espacio-temporal (23) que comprende una pluralidad de filtros temporales (29), estando cada filtro temporal (29) diseñado para proporcionar, a la salida, una señal a un elemento de antena correspondiente (18) y para recibir una señal combinada (9) y una conjugada compleja de los pesos de demultiplexación espacio-temporal para el elemento de antena respectivo (18); comprendiendo cada filtro temporal (29) una serie de retardos de muestreo (31) correspondientes a la longitud L de la ventana deslizante, multiplicadores (30) diseñados para multiplicar versiones retardadas en el tiempo de la señal combinada (9) mediante pesos de multiplexación espacio-temporal respectivos y un sumador (32) diseñado para sumar los resultados de las multiplicaciones con el fin de generar la salida del filtro temporal (29).

18. El sistema inalámbrico según la reivindicación 17, en donde dicho medio de multiplexación espacio-temporal (13) está diseñado para determinar los pesos de multiplexación espacio-temporal para dicho canal de enlace descendente común bajo la forma de las columnas de una matriz W_{tx} como sigue:

$$[W_{tx}]_k = s_k^* [H_t (H_t^* H_t)^{-1}]_{mL_t(k-1)+1} \quad k = 1, \dots, n_t,$$

en donde $(\cdot)^*$ representa la transpuesta conjugada compleja de una matriz; $(\cdot)^{-1}$ representa la inversa de una matriz, $[\cdot]_k$ representa la k-ésima columna de una matriz, s_k^* es la amplitud de dicha k-ésima señal de enlace descendente y H_t es una matriz de firmas espacio-temporales de multiplexación compuesta de dichas firmas espacio-temporales de transmisión para dicha pluralidad de terminales distantes y dicho canal de enlace descendente común.

19. Un método de puesta en práctica de una estación base (1) para calcular señales de enlace descendente que deben transmitirse hacia una pluralidad de terminales distantes utilizando una pluralidad de elementos de antena (18) y de transmisores (14) para transmitir combinaciones de dichas señales de enlace descendente hacia dicha pluralidad de terminales distantes utilizando un canal de enlace descendente común, comprendiendo dicho método:

la determinación y la memorización de firmas espacio-temporales de transmisión para dicha pluralidad de terminales distantes y la determinación y la memorización de pesos de multiplexación espacio-temporal para cada elemento de antena (18) con el fin de permitir la combinación de las señales de enlace descendente para la emisión por los elementos de antena (18), comprendiendo los pesos de multiplexación espacio-temporal para cada elemento de antena (18), una pluralidad L de pesos correspondiente a la longitud de una ventana deslizante; y

la multiplexación espacio-temporal para el suministro, a la salida, al nivel de cada uno de una pluralidad de filtros temporales de transmisión (29) de una señal a un elemento de antena correspondiente (18) y la recepción de una señal combinada (9) y de una conjugada compleja de los pesos de multiplexación espacio-temporal, para el elemento de antena respectivo (18); y en cada filtro temporal (29), la utilización de una serie de retardos de

muestreo (31) que corresponden a la longitud L de la ventana deslizante para retardar cada señal procedente de un elemento de antena correspondiente (19), la multiplicación de versiones retardadas en el tiempo de la señal combinada (9) mediante pesos de demodulación espacio-temporal respectivos y la suma de los resultados de las multiplicaciones con el fin de generar la salida de filtro temporal de emisión (29).

5 **20.** El método según la reivindicación 19, en donde dichos pesos de multiplexación espacio-temporal, para dicho canal de enlace descendente común, se determinan bajo la forma de las columnas de una matriz W_{tx} según se indica a continuación:

10
$$[W_{tx}]_k = s_k^* [H_t (H_t^* H_t)^{-1}]_{m \times (k-1) \rightarrow 1} \quad k = 1, \dots, n_t,$$

15 en donde $(\cdot)^*$ representa la transpuesta conjugada compleja de una matriz, $(\cdot)^{-1}$ representa la inversa de una matriz, $[\cdot]_k$ representa la k-ésima columna de una matriz, s_k^* es la amplitud de dicha k-ésima señal de enlace descendente y H_t es una matriz de signaturas espacio-temporales de multiplexación compuesta de dichas signaturas espacio-temporales de transmisión para dicha pluralidad de terminales distantes y dicho canal de enlace descendente común.

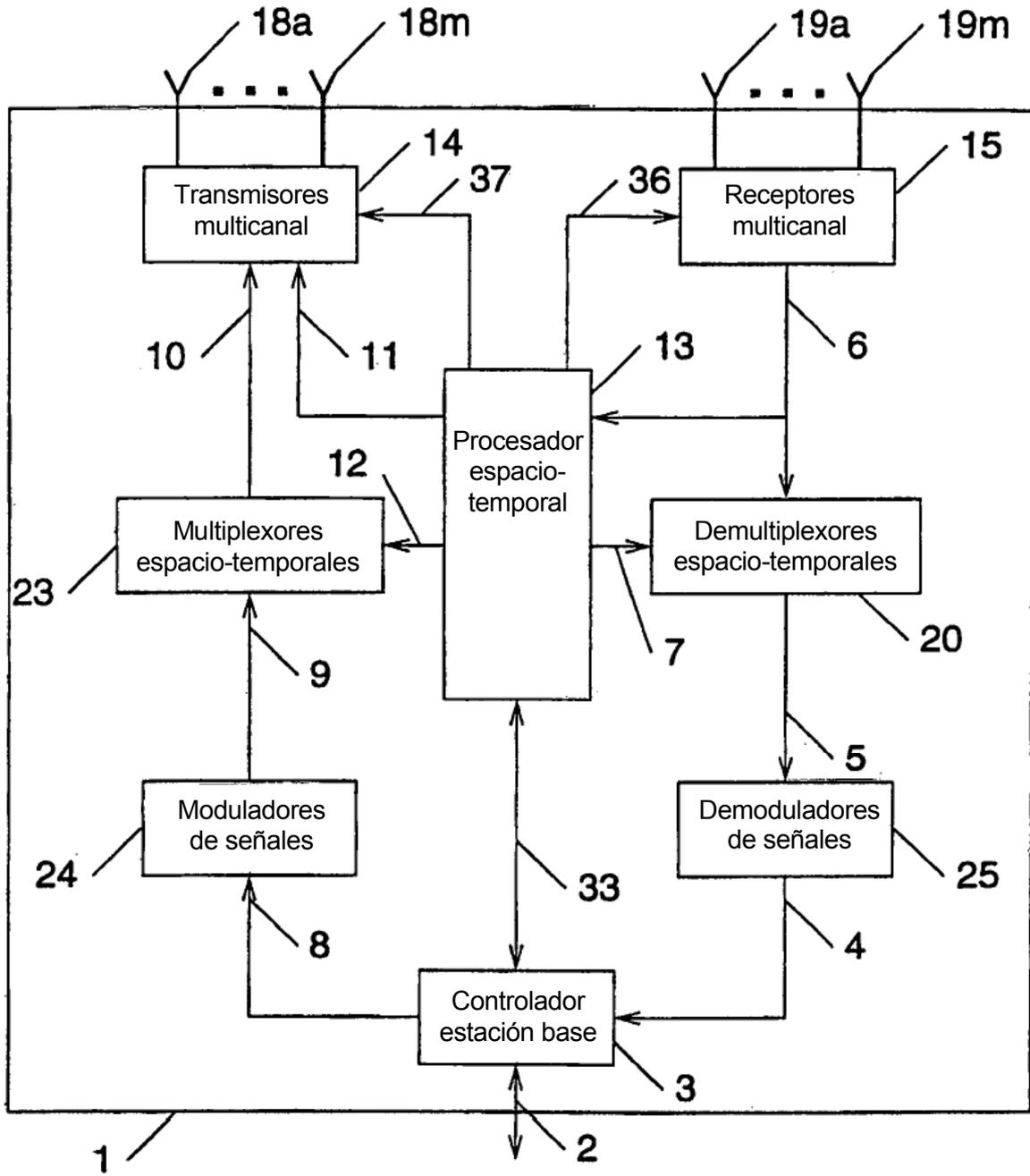


FIG. 1

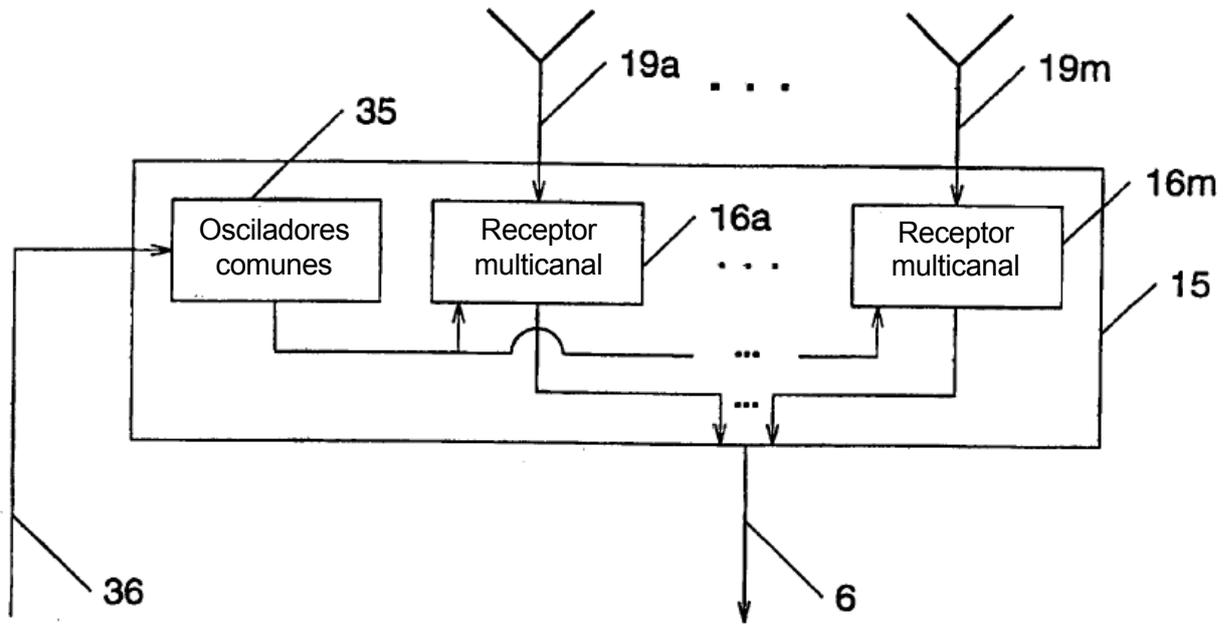


FIG. 2

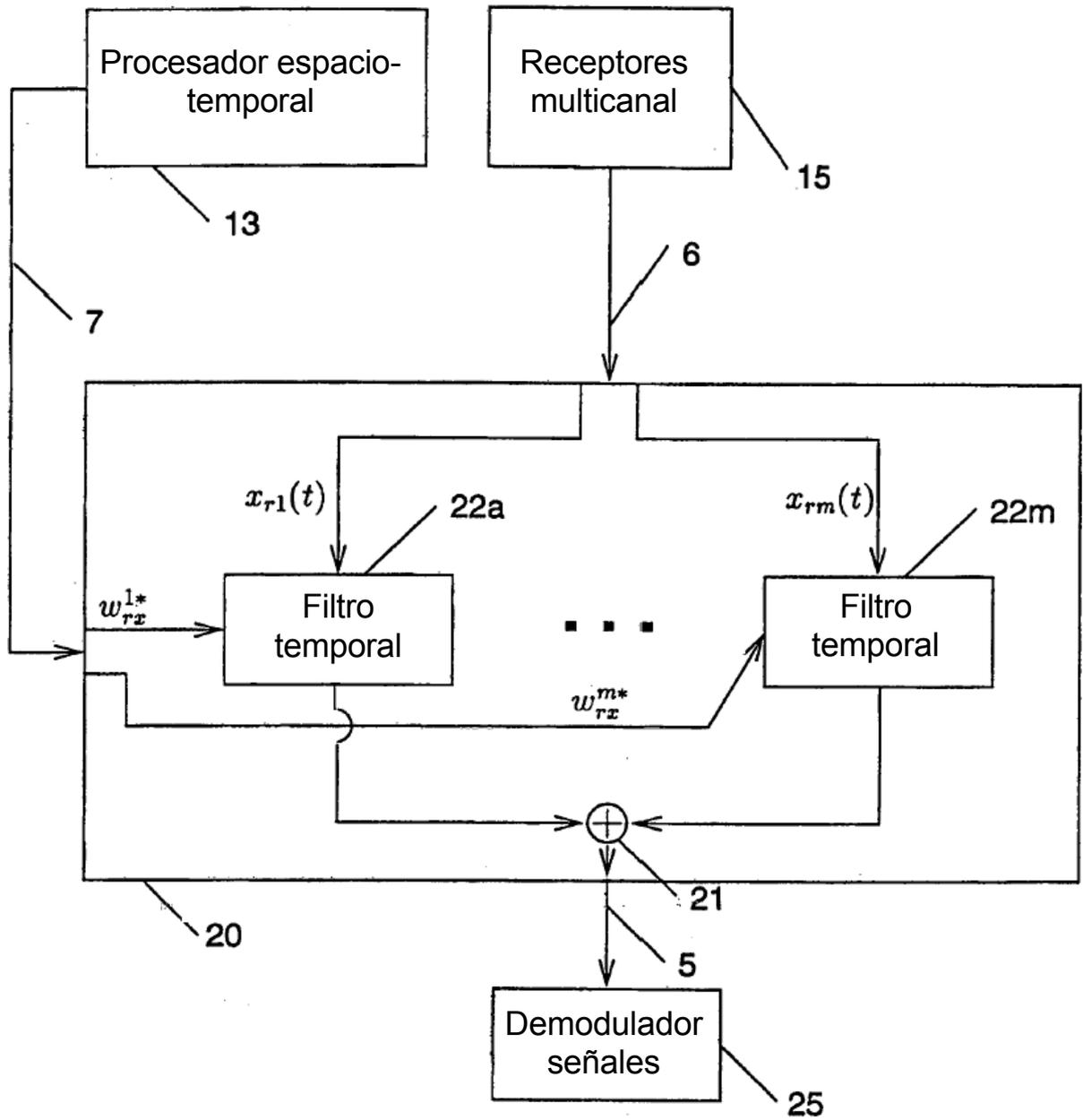


FIG. 3

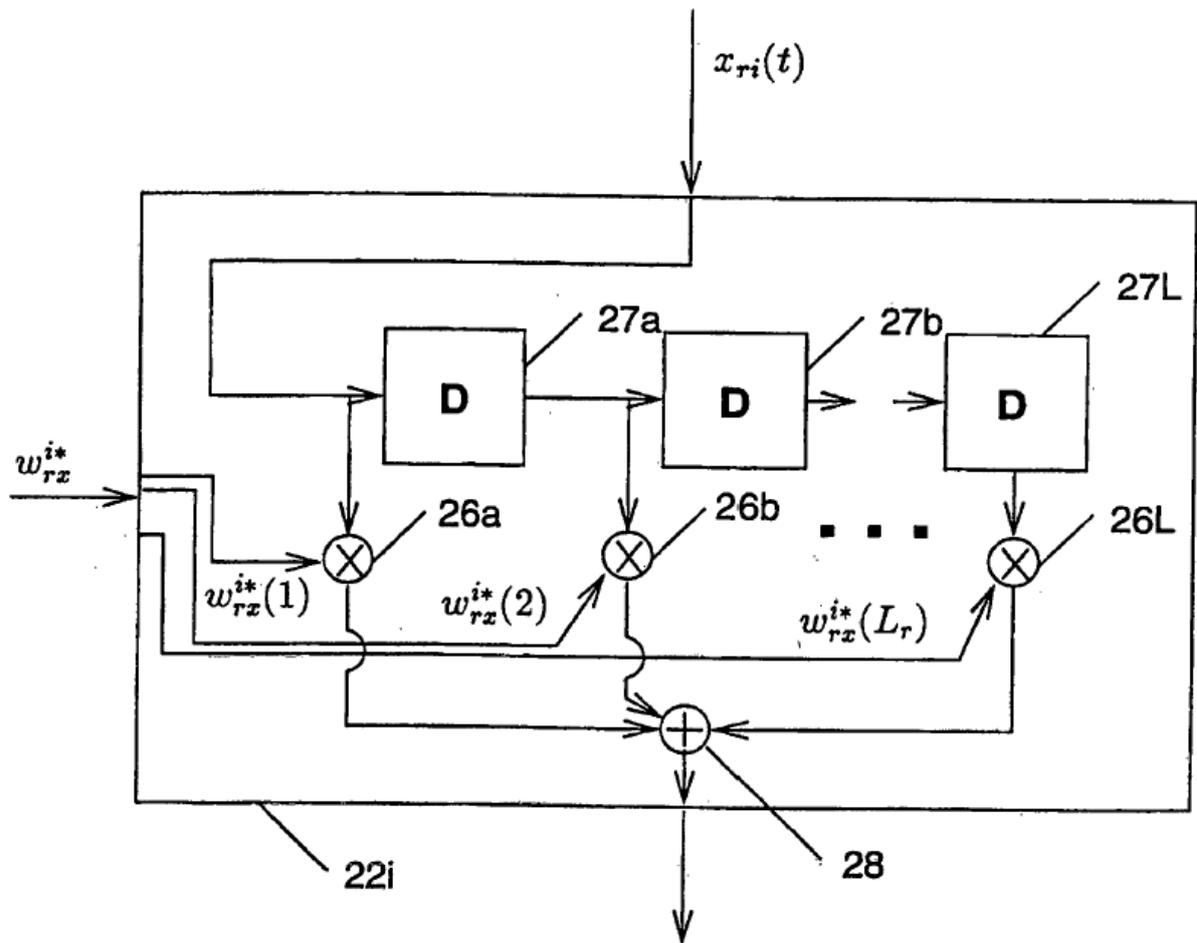


FIG. 4

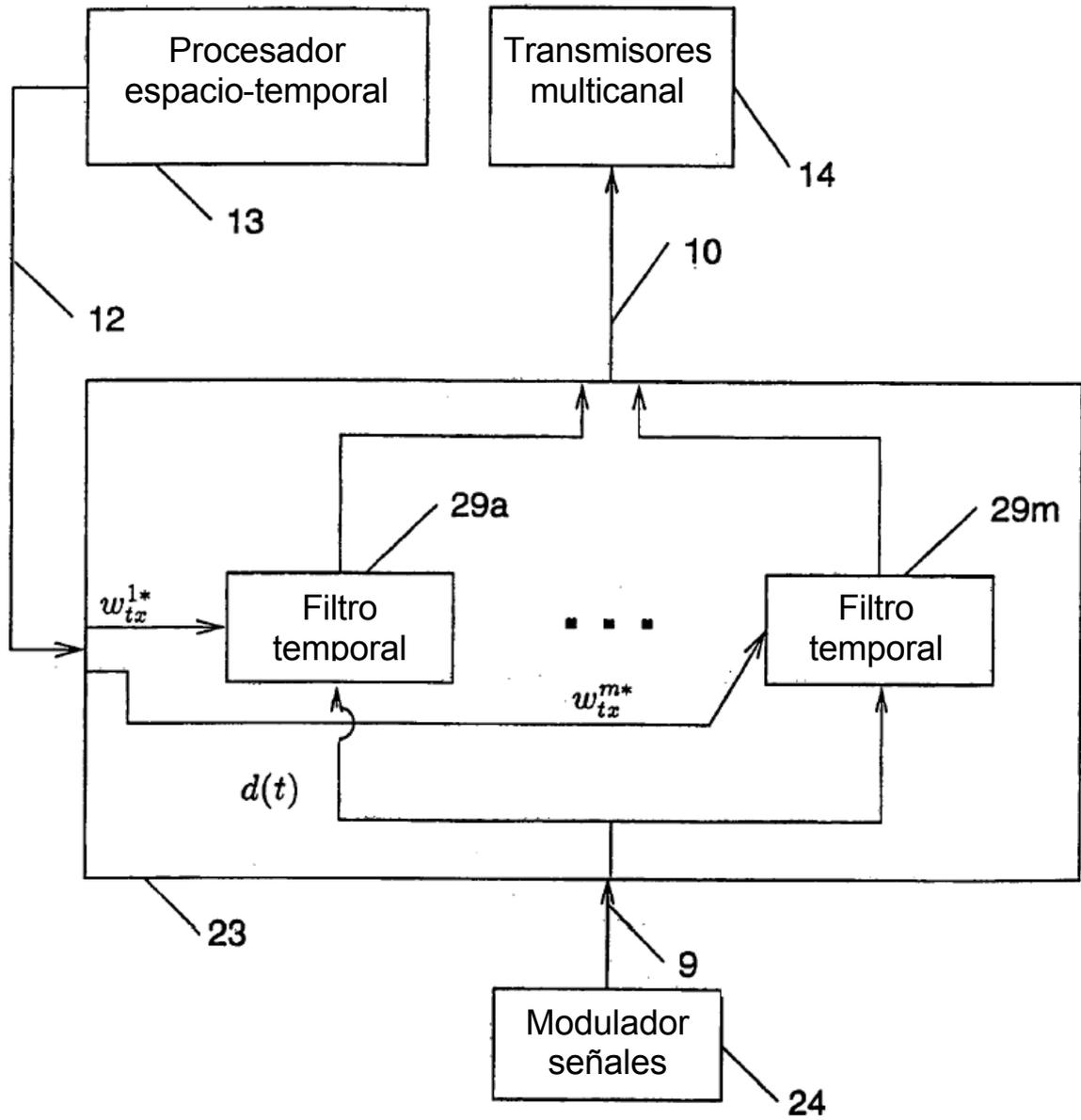


FIG. 5

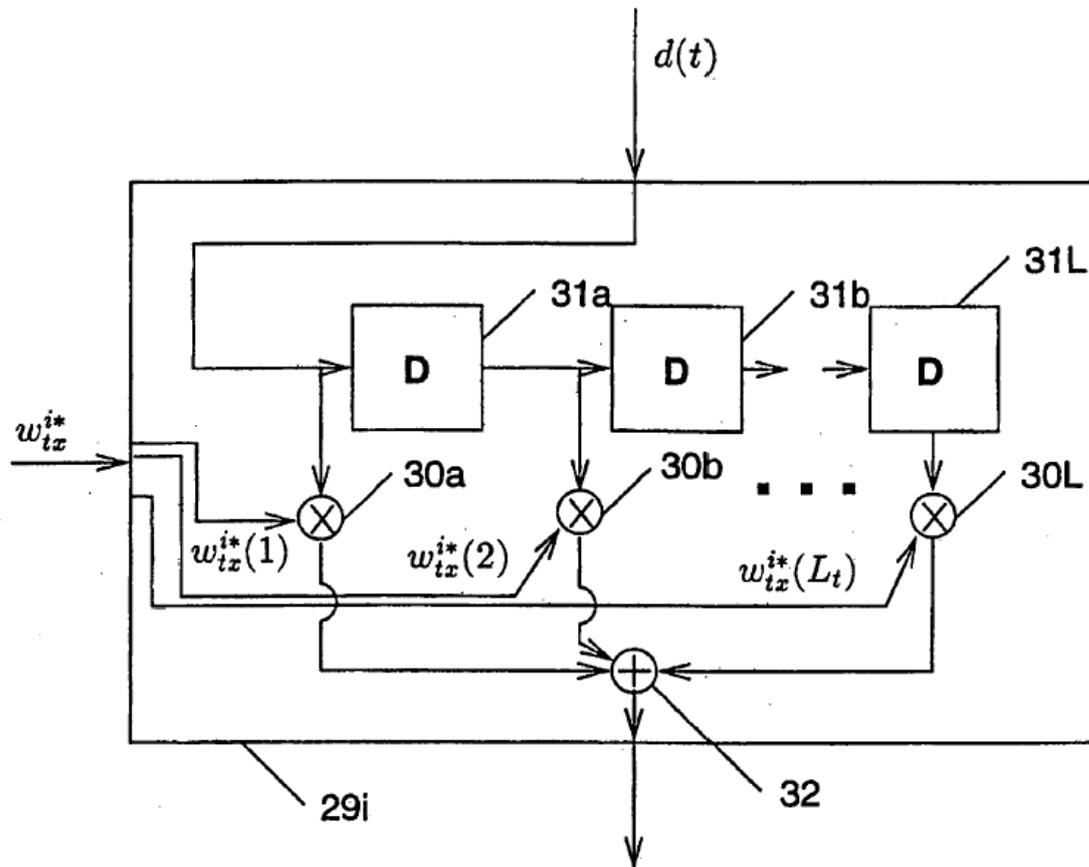


FIG. 6

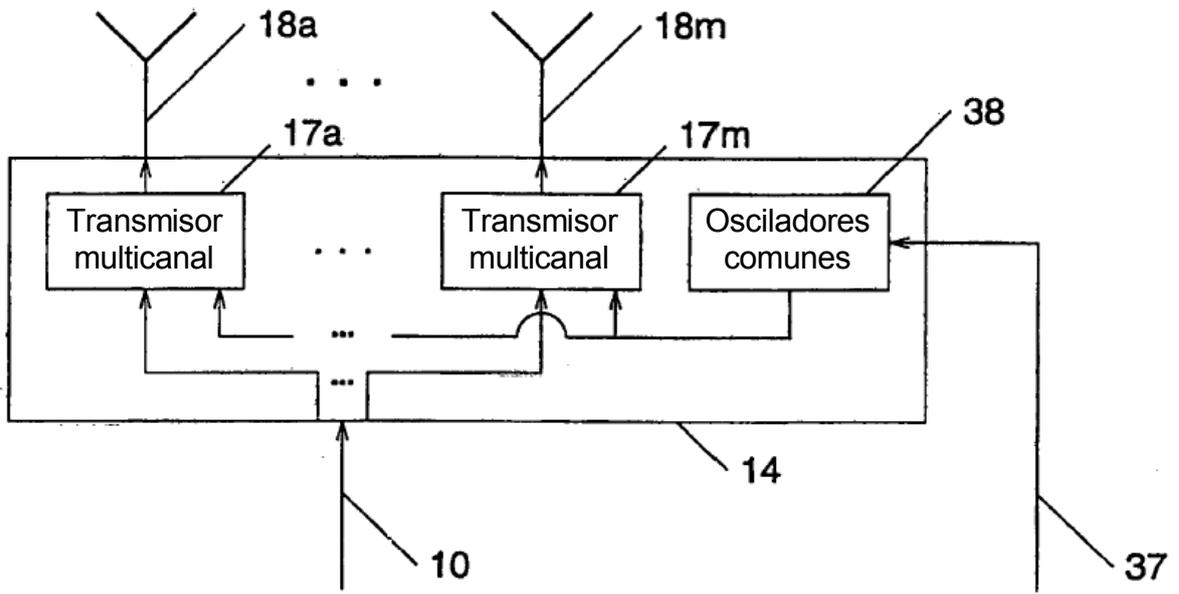


FIG. 7

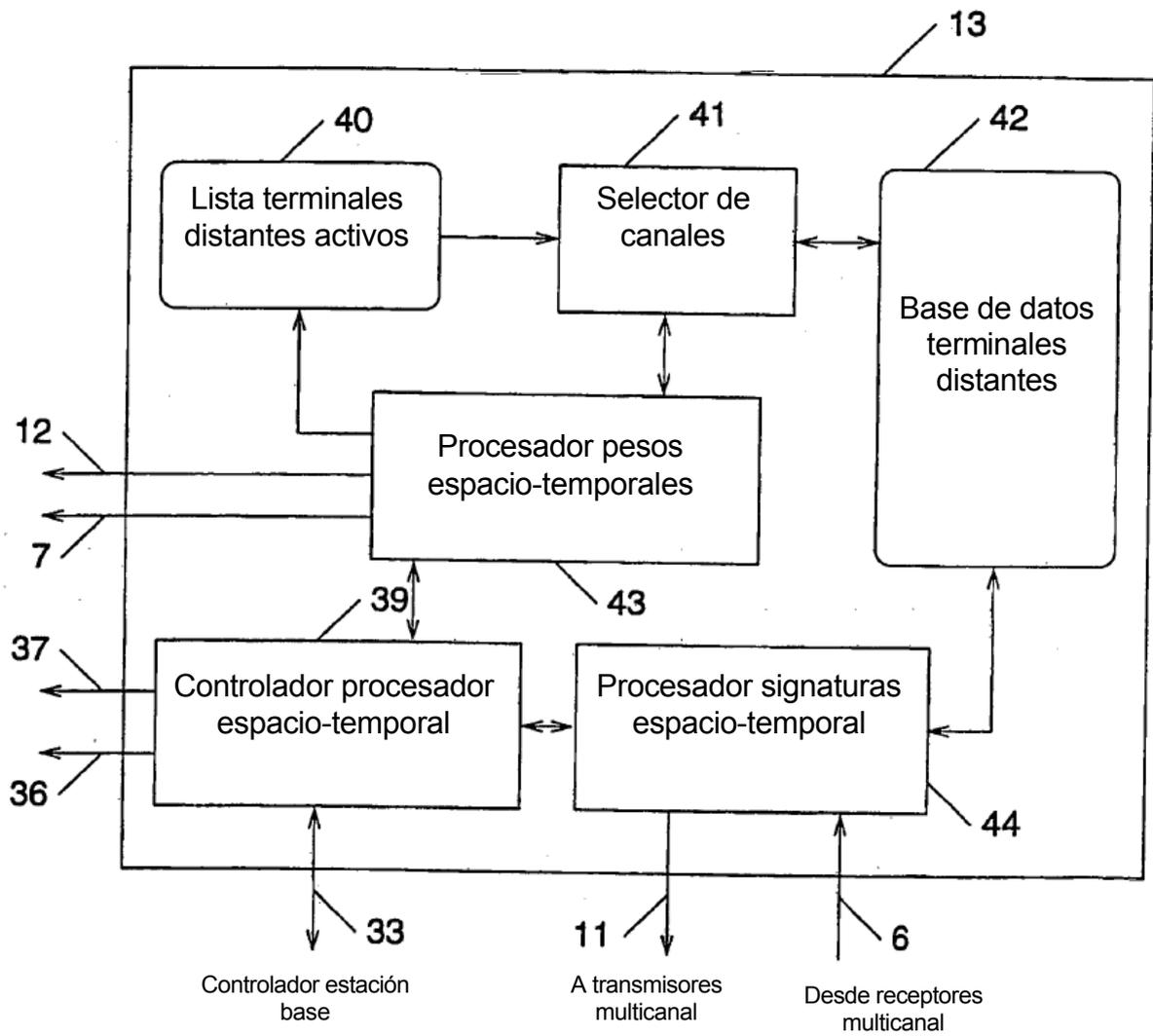


FIG. 8

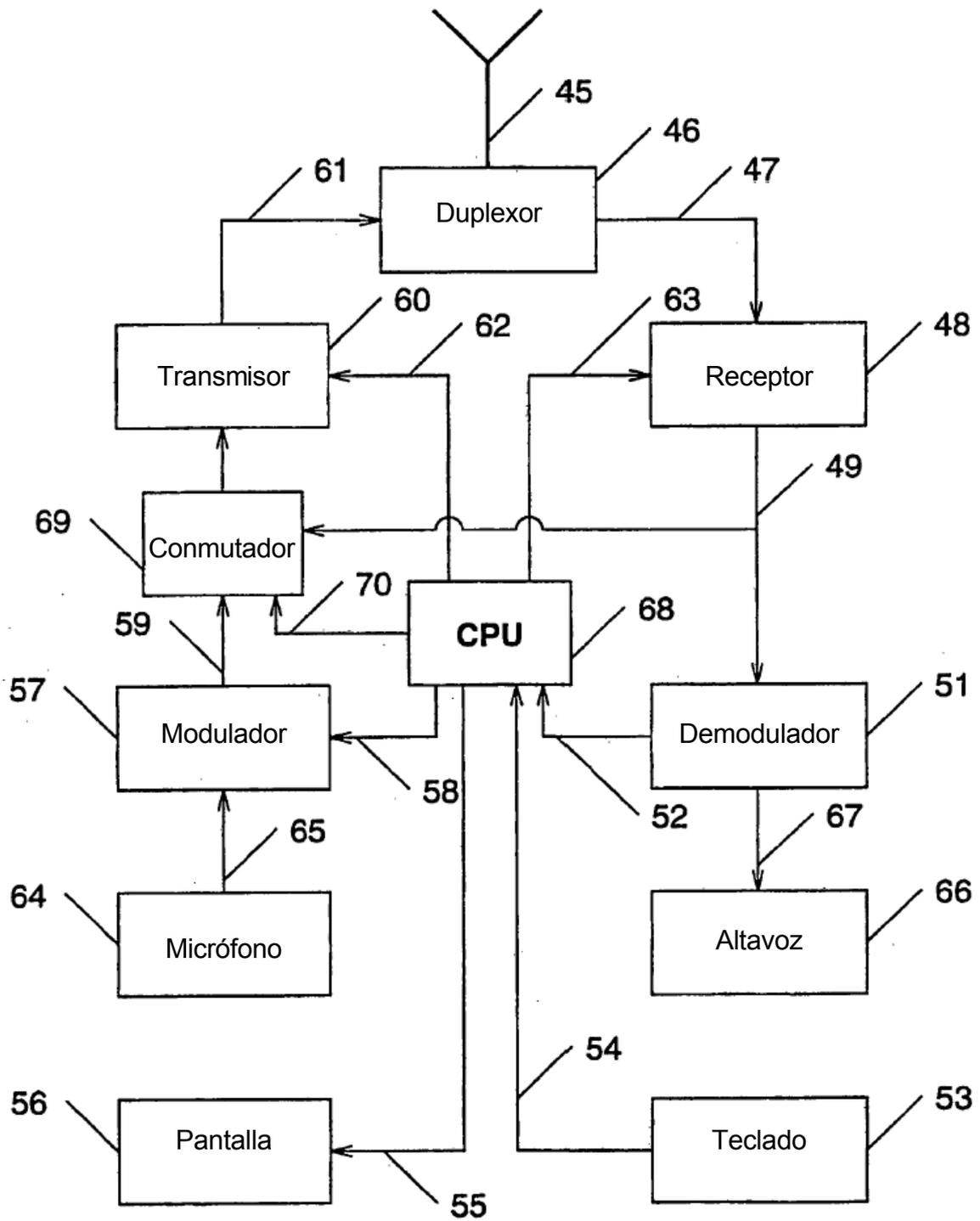


FIG. 9

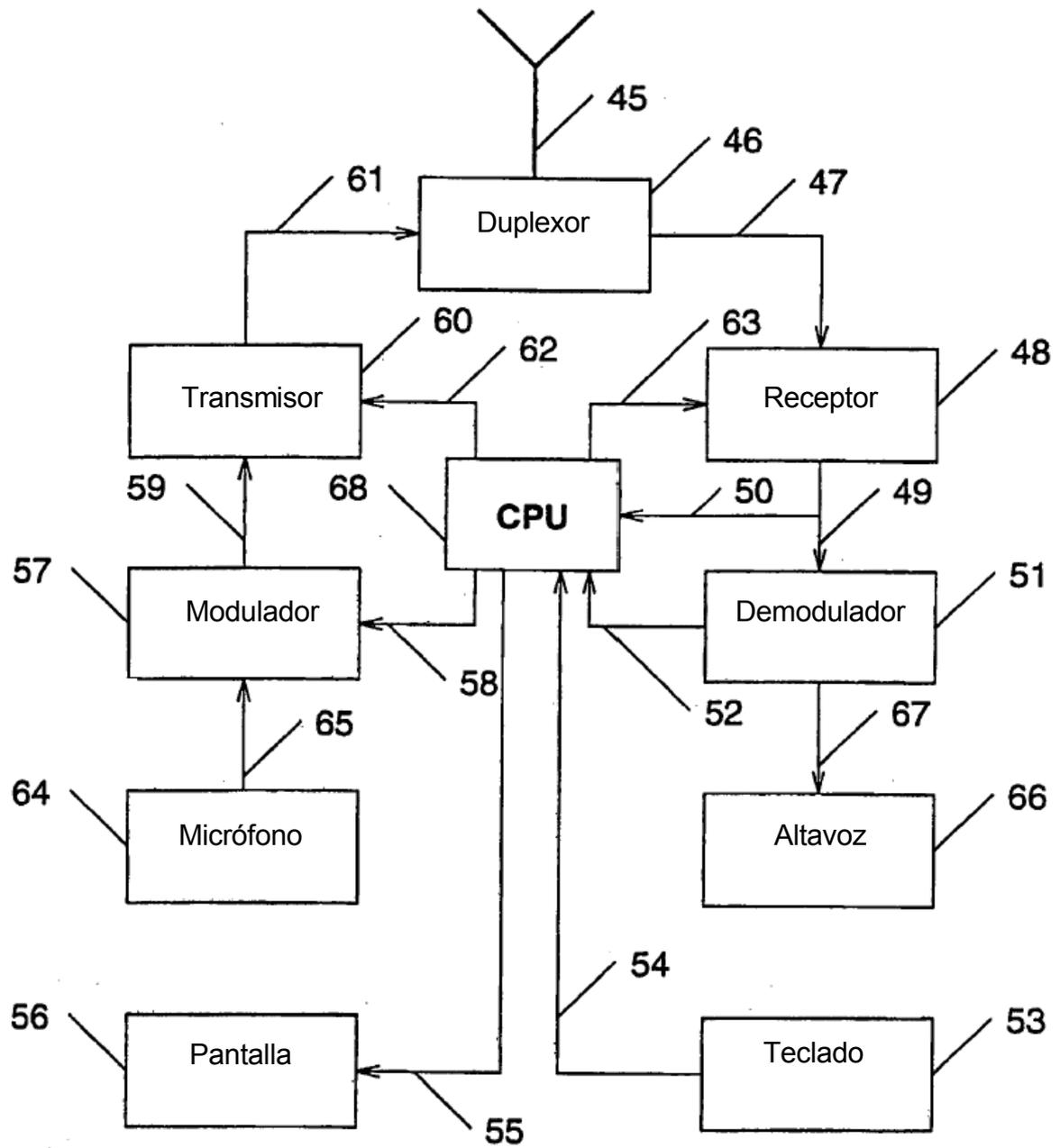


FIG. 10

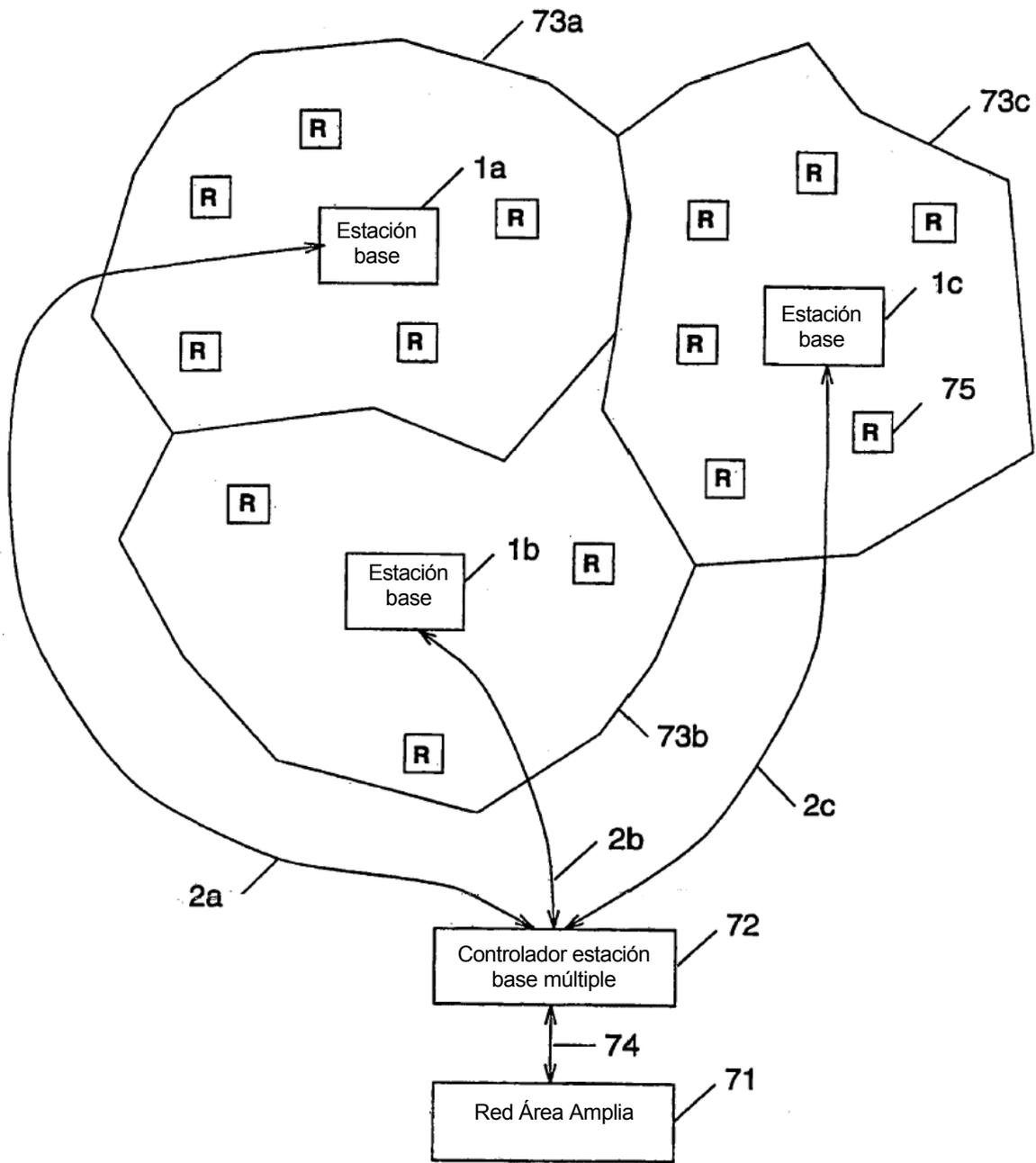


FIG. 11