



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 301 165**

51 Int. Cl.:

H04Q 7/20 (2006.01)

H01Q 3/26 (2006.01)

H04Q 7/30 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **95944051 .2**

86 Fecha de presentación : **01.12.1995**

87 Número de publicación de la solicitud: **0804858**

87 Fecha de publicación de la solicitud: **05.11.1997**

54

Título: **Sistemas de comunicación inalámbrica de alta capacidad y espectralmente eficaces.**

30

Prioridad: **20.01.1995 US 375848**

45

Fecha de publicación de la mención BOPI:
16.06.2008

45

Fecha de la publicación del folleto de la patente:
16.06.2008

73

Titular/es: **ArrayComm L.L.C.**
2480 N. First Street, Suite 200
San Jose, California 95131-1014, US

72

Inventor/es: **Barratt, Craig, H.;**
Parish, David, M. y
Roy, Richar, H., III

74

Agente: **Torner Lasalle, Elisabet**

ES 2 301 165 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 comunicación inalámbrica de alta capacidad y espectralmente eficaces.

5 Antecedentes de la invención

Esta invención se refiere a los sistemas de comunicación inalámbrica, y más en particular, al uso de redes directivas de antenas y del procesamiento de señales para incrementar espectacularmente la capacidad y el rendimiento de los sistemas de comunicación inalámbrica.

Los sistemas de comunicación inalámbrica pueden usarse para complementar y en algunos casos sustituir a los sistemas de comunicación alámbrica convencional en zonas en las que los sistemas alámbricos convencionales no están disponibles, no son fiables o son excesivamente costosos. Son ejemplos de tales zonas los siguientes: las zonas rurales con un pequeño número de usuarios desperdigados, las zonas subdesarrolladas con poca o ninguna infraestructura actual, las aplicaciones sensibles a la fiabilidad en zonas en las que la infraestructura alámbrica no es fiable, y los entornos políticos en los que proveedores de servicios alámbricos monopolistas mantienen precios artificialmente altos. Incluso en zonas metropolitanas y en países muy desarrollados, los sistemas de comunicación inalámbrica pueden ser usados para comunicación ubicua de bajo coste, nuevos servicios de datos flexibles y sistemas de comunicación de emergencia. En general, los sistemas de comunicación inalámbrica pueden ser usados para comunicaciones de voz exactamente igual como los sistemas telefónicos convencionales, y asimismo para comunicaciones de datos en una red de área extendida o de área local basada en radio.

Los usuarios inalámbricos acceden a los sistemas de comunicación inalámbrica usando terminales remotos tales como teléfonos celulares y módems de datos equipados con transeptores de radio. Tales sistemas (y en particular los terminales remotos) tienen protocolos para iniciar llamadas y recibir llamadas y para la transferencia general de información. La transferencia de información puede ser llevada a cabo en tiempo real tal como en el caso de los faxes y las conversaciones de voz conmutados por circuito, o según un método de almacenamiento y envío tal como es a menudo el caso de los sistemas de correo electrónico y de paginación y de otros similares sistemas de transferencia de mensajes.

A los sistemas de comunicación inalámbrica les es generalmente asignada una parte del espectro de radiofrecuencia para su funcionamiento. La parte asignada del espectro es dividida en canales de comunicación. Estos canales pueden distinguirse por la frecuencia, por el tiempo, por el código o por alguna combinación de los mismos. Cada uno de estos canales de comunicación recibirá aquí el nombre de *canal convencional*. En dependencia de las asignaciones de frecuencia disponibles, el sistema inalámbrico podría tener desde uno hasta varios cientos de canales de comunicación. Para contar con enlaces de comunicación dúplex total, típicamente algunos de los canales de comunicación son usados para comunicación de las estaciones base a los terminales remotos de los usuarios (el enlace descendente), y otros son usados para comunicación de los terminales remotos de los usuarios a las estaciones base (el enlace ascendente).

Los sistemas de comunicación inalámbrica generalmente tienen una o varias estaciones base de radio cada una de las cuales proporciona cobertura a una zona geográfica conocida como celda y a menudo sirve de punto de presencia (PoP) que proporciona conexión a una red de área extendida tal como una Red Telefónica Conmutada Pública (PSTN). A menudo un predeterminado subconjunto de los canales de comunicación disponibles es asignado a cada estación base de radio en un intento de minimizar la cantidad de interferencia que experimentarán los usuarios del sistema. Dentro de su celda, una estación base de radio puede comunicarse simultáneamente con muchos terminales remotos usando distintos canales de comunicación convencionales para cada terminal remoto.

Como se ha mencionado anteriormente, las estaciones base pueden actuar como PoPs, proporcionando conexión a uno o varios sistemas de comunicación alámbrica. Tales sistemas incluyen redes de datos locales, redes de datos de área extendida y PSTNs. Así, a los usuarios remotos se les da acceso a servicios de datos de área local y/o extendida y al sistema telefónico público local. Las estaciones base pueden también ser usadas para proporcionar conectividad local sin acceso directo a una red alámbrica tal como en los sistemas de comunicación de emergencia de área local y de comunicación móvil en el campo de batalla. Las estaciones base pueden asimismo proporcionar conectividad de varias clases. En los ejemplos anteriormente mencionados se suponían comunicaciones de punto a punto en las que cantidades aproximadamente iguales de información fluyen en ambas direcciones entre dos usuarios. En otras aplicaciones tales como la televisión interactiva, la información es radiodifundida a todos los usuarios simultáneamente, y las respuestas procedentes de muchas de las unidades remotas deben ser procesadas en las estaciones base.

Sin embargo, los sistemas de comunicación inalámbrica convencional son espectralmente ineficaces desde un punto de vista comparativo. En los sistemas de comunicación inalámbrica convencional solamente un terminal remoto puede usar cualquier canal convencional dentro de una celda en cualquier momento. Si más de un terminal remoto en una celda intenta usar el mismo canal al mismo tiempo, las señales de enlace descendente y de enlace ascendente asociadas a los terminales remotos interfieren entre sí. Puesto que la tecnología de los receptores convencionales no puede eliminar la interferencia en estas señales de enlace ascendente y de enlace descendente combinadas, los terminales remotos son incapaces de comunicarse con eficacia con la estación base cuando está presente la interferencia. Así, la capacidad total del sistema se ve limitada por el número de canales convencionales de que dispone la estación base, y en todo el sistema, por la manera cómo estos canales son reutilizados entre múltiples celdas. En consecuencia,

ES 2 301 165 T3

los sistemas inalámbricos convencionales son incapaces de proporcionar una capacidad incluso remotamente cercana a la de los sistemas de comunicación alámbrica.

5 El documento WO93/12590 describe una estación base con una red directiva de antenas para recibir múltiples
señales transmitidas en el mismo canal por una pluralidad de usuarios. Los parámetros de las múltiples señales son
calculados y usados para obtener las posiciones y velocidades de los usuarios. Las ubicaciones y otros parámetros de
señales afines son usados para calcular apropiadas estrategias de demultiplexado espacial, reconstruyendo las señales
individuales transmitidas a partir de las mediciones de los receptores y reduciendo la interferencia a niveles aceptables.
10 Esta información posicional no disponible hasta ahora es usada para resolver el problema de transferencia (“hand-off”),
y es también usada para calcular una apropiada estrategia de multiplexado espacial para la transmisión simultánea de
señales a usuarios en el mismo canal.

Sumario de la invención

15 Un aspecto de la presente invención aporta un terminal remoto para comunicarse con una estación base en un sis-
tema de comunicación inalámbrica, comprendiendo el terminal remoto: al menos una antena; medios receptores para
recibir transmisiones de la estación base en un canal convencional, donde el canal convencional comprende cualquiera
o cualquier combinación de un canal de frecuencia, una ranura de tiempo en un sistema multiplexado por división
de tiempo y un código en un sistema multiplexado por división de código, estando el terminal remoto configurado
20 para recibir señales de calibración transmitidas como formas de onda predeterminadas desde un procesador de firma
espacial asociado a la estación base; medios procesadores para computar una firma espacial de transmisión usando
las señales de calibración recibidas y las formas de onda transmitidas predeterminadas correspondientes a las señales
de calibración, caracterizando dicha firma espacial de transmisión cómo el terminal remoto recibe las señales de cada
uno de los elementos de la red directiva de antenas en la estación base en el canal convencional; y medios transmisores
25 para transmitir la señal espacial de transmisión computada a dicha estación base.

Un aspecto adicional de la presente invención aporta una estación base para transmitir a una pluralidad de termi-
nales remotos en un sistema de comunicaciones inalámbricas usando un canal de enlace descendente convencional
común, donde dicho canal convencional comprende cualquiera o cualquier combinación de canal de frecuencia, una
30 ranura de tiempo en un sistema multiplexado por división de tiempo y un código en un sistema multiplexado por divi-
sión de código, comprendiendo la estación base: medios de transmisión que incluyen una pluralidad de elementos de
antena de transmisión y transmisores para transmitir señales de enlace descendente multiplexado a dicha pluralidad de
terminales remotos, y para transmitir señales de calibración predeterminadas a un terminal remoto; medios receptores
para recibir una firma espacial de transmisión determinada por el terminal remoto usando las señales de calibración
35 recibidas y transmitida a la estación base por el terminal remoto, caracterizando dicha firma espacial de transmisión
cómo el terminal remoto recibe las señales de cada uno de los elementos de la red directiva de antenas en la estación
base en el canal convencional; medios de procesamiento espacial de transmisión para almacenar las firmas espacia-
les de transmisión para dicha pluralidad de terminales remotos; y medios de multiplexado espacial que usan dichas
firmas espaciales de transmisión y señales de enlace descendente para producir dichas señales de enlace descendente
40 multiplexado.

Un aspecto adicional de la invención aporta un método en un terminal remoto para comunicarse con una estación
base en un sistema de comunicación inalámbrica, comprendiendo el método: recibir transmisiones de la estación
base en un canal convencional, donde el canal convencional comprende cualquiera o cualquier combinación de un
45 canal de frecuencia, una ranura de tiempo en un sistema multiplexado por división de tiempo y un código en un
sistema multiplexado por división de código, estando el terminal remoto configurado para recibir señales de calibración
transmitidas como formas de onda predeterminadas desde un procesador de firma espacial asociado a la estación
base; computar una firma espacial de transmisión usando las señales de calibración recibidas y las formas de onda
transmitidas predeterminadas correspondientes a las señales de calibración, caracterizando dicha firma espacial de
50 transmisión cómo el terminal remoto recibe las señales de cada uno de los elementos de la red directiva de antenas
en la estación base en el canal convencional; y transmitir la firma espacial de transmisión computada a dicha estación
base.

Un aspecto adicional de la invención aporta un método en una estación base para transmitir a una pluralidad de ter-
minales remotos en un sistema de comunicaciones inalámbricas usando un canal de enlace descendente convencional
común, donde dicho canal convencional comprende cualquiera o cualquier combinación de un canal de frecuencia,
una ranura de tiempo en un sistema multiplexado por división de tiempo y un código en un sistema multiplexado por
división de código, comprendiendo el método: transmitir señales de enlace descendente multiplexado a dicha plurali-
dad de terminales remotos, y transmitir señales de calibración predeterminadas a un terminal remoto; recibir una firma
60 espacial de transmisión determinada por el terminal remoto usando las señales de calibración recibidas y transmitida
a la estación base por el terminal remoto, caracterizando dicha firma espacial de transmisión cómo el terminal remoto
recibe las señales de cada uno de los elementos de la red directiva de antenas en la estación base en el canal con-
vencional; almacenar las firmas espaciales de transmisión para dicha pluralidad de terminales remotos; y usar dichas
firmas espaciales de transmisión y señales de enlace descendente para producir dichas señales de enlace descendente
65 multiplexado.

En consecuencia, un objeto de algunas realizaciones de la presente invención es el de usar redes directivas de
antenas y procesamiento de señales para separar combinaciones de señales (de enlace ascendente) recibidas. Otro

objeto de algunas realizaciones de la presente invención es el de transmitir señales de enlace descendente multiplexado espacialmente. El resultado es un espectacular incremento de la eficacia espectral, la capacidad, la calidad de señal y la cobertura de los sistemas de comunicación inalámbrica. La capacidad es incrementada a base de permitir a múltiples usuarios compartir simultáneamente el mismo canal de comunicación convencional dentro de una celda sin interferir entre sí, y además a base de permitir una más frecuente reutilización del mismo canal convencional dentro de una zona geográfica que cubra muchas celdas. La calidad de señal y el área de cobertura son mejoradas mediante un procesamiento inteligente de las señales recibidas desde y transmitidas por múltiples elementos de antena. Además, un adicional objeto de algunas realizaciones de la presente invención es el de proporcionar ganancias de capacidad a base de asignar dinámicamente canales convencionales entre las estaciones base y los terminales remotos.

Dicho brevemente, realizaciones de la invención comprenden redes directivas de antenas y medios de procesamiento de señales para medir, calcular, almacenar y usar las firmas espaciales de los receptores y los transmisores en los sistemas de comunicación inalámbrica para incrementar la capacidad del sistema, la calidad de señal y la cobertura, y para reducir el coste de todo el sistema. Los medios que constituyen las redes directivas de antenas y los medios de procesamiento de señales pueden ser empleados en las estaciones base (PoPs) y en los terminales remotos. En general puede haber distintas exigencias en materia de procesamiento en las estaciones base, donde se concentran muchas señales, en comparación con los terminales remotos, donde en general se gestiona tan sólo un número limitado de enlaces de comunicación.

Como ejemplo, en una aplicación de circuito local inalámbrico, una determinada estación base podría servir como PoP a muchos terminales remotos y emplear la red directiva de antenas y el procesamiento de señales que aquí se describen. Adicionalmente, los terminales remotos podrían emplear redes directivas de antenas y procesamiento de señales para mejorar adicionalmente su capacidad y calidad de señal en comparación con los terminales remotos más sencillos que manejan menos enlaces de comunicación. Aquí, la distinción entre las estaciones base y los terminales remotos es la de que las estaciones base generalmente actúan como concentradores que establecen simultáneamente una conexión con múltiples unidades remotas, proporcionando posiblemente una conexión de alta capacidad a una red de área extendida. Mientras que en aras de la claridad gran parte de la exposición siguiente está redactada en términos de terminales remotos sencillos que no emplean redes directivas de antenas, nada de lo aquí expresado deberá ser interpretado como algo que impida una aplicación de este tipo. Así, mientras que de aquí en adelante las firmas espaciales serán asociadas primariamente a los terminales remotos, cuando se emplean redes directivas de antenas en los terminales remotos, las estaciones base tendrán asimismo firmas espaciales asociadas.

Dicho brevemente, hay dos firmas espaciales asociadas a cada pareja de terminal remoto/estación base en un determinado canal de frecuencia, donde a los efectos de esta exposición se supone que solamente las estaciones base tienen redes directivas de antenas. Las estaciones base asocian con cada terminal remoto en su celda una firma espacial relacionada con cómo ese terminal remoto recibe las señales transmitidas al mismo por la red directiva de antenas de la estación base, y una segunda firma espacial relacionada con cómo la red directiva de antenas de recepción de la estación base recibe las señales transmitidas por el terminal remoto. En un sistema con muchos canales convencionales, cada pareja de terminal remoto/estación base tiene firmas espaciales de transmisión y recepción para cada canal convencional.

La firma espacial de recepción caracteriza cómo la red directiva de antenas de la estación base recibe las señales procedentes de la unidad remota específica en un determinado canal convencional. En una realización, se trata de un vector complejo que contiene las respuestas (amplitud y fase con respecto a una referencia) de cada uno de los receptores de los elementos de antena, es decir que para una red de m elementos,

$$\mathbf{a}_{br} = [\mathbf{a}_{br}(1), \mathbf{a}_{br}(2), \dots, \mathbf{a}_{br}(m)]^T, \quad (1)$$

donde $\mathbf{a}_{br}(i)$ es la respuesta del $i^{\text{ésimo}}$ receptor a una señal transmitida de potencia unitaria del terminal remoto. Suponiendo que una señal de banda estrecha $s_r(t)$ sea transmitida desde el terminal remoto, las salidas de receptor de la estación base en el tiempo t vienen entonces dadas por

$$\mathbf{z}_b(t) = \mathbf{a}_{br} s_r(t - \tau) + \mathbf{n}_b(t), \quad (2)$$

donde τ corresponde al retardo de propagación medio entre el terminal remoto y la red directiva de antenas de la estación base, y $\mathbf{n}_b(t)$ representa el ruido que está presente en el ambiente y los receptores.

La firma espacial de transmisión caracteriza cómo el terminal remoto recibe las señales de cada uno de los elementos de red directiva de antenas en la estación base en un determinado canal convencional. En una realización, se trata de un vector complejo que contiene las cantidades relativas (amplitud y fase con respecto a una referencia) de cada una de las salidas de transmisor de elemento de antena que están contenidas en la salida del receptor del terminal remoto, es decir que para una red de m elementos,

$$\mathbf{a}_{rb} = [\mathbf{a}_{rb}(1), \mathbf{a}_{rb}(2), \dots, \mathbf{a}_{rb}(m)], \quad (3)$$

donde $a_{rb}(i)$ es la amplitud y fase (con respecto a una determinada referencia fija) de la salida del receptor del terminal remoto para una señal de potencia unitaria transmitida desde el $i^{\text{ésimo}}$ elemento en la red directiva de la estación base. Suponiendo que un vector de señales complejas $s_b = [s_b(1), \dots, s_b(m)]^T$ fuese transmitido desde la red directiva de antenas, la salida del receptor del terminal remoto vendría dada por

$$z_r(t) = \mathbf{a}_{rb} s_b(t - \tau) + n_r(t), \quad (4)$$

donde $n_r(t)$ representa el ruido que está presente en el ambiente y el receptor. Estas firmas espaciales son calculadas (estimadas) y almacenadas en cada estación base para cada terminal remoto en su celda y para cada canal convencional. Para terminales remotos y estaciones base fijos en entornos estacionarios, las firmas espaciales pueden ser actualizadas infrecuentemente. En general, sin embargo, los cambios en el ambiente de propagación de RF entre la estación base y el terminal remoto pueden alterar las firmas y requerir que las mismas sean actualizadas. Obsérvese que de aquí en adelante será suprimido el argumento de tiempo entre paréntesis: los enteros entre paréntesis serán usados solamente para indexación en vectores y matrices.

En la anterior exposición se ha partido del supuesto de receptores y transmisores temporalmente coincidentes. Si hay diferencias en las respuestas temporales, las mismas pueden ser igualadas usando técnicas de filtración temporal como es perfectamente sabido. Además, se ha supuesto que los anchos de banda de canal son pequeños en comparación con la frecuencia central de funcionamiento. Los canales de gran ancho de banda pueden requerir más de un vector complejo para describir con precisión las salidas, como es perfectamente sabido.

Cuando más de un terminal remoto desee comunicarse al mismo tiempo, los medios de procesamiento de señales en la estación base usan las firmas espaciales de los terminales remotos para determinar si subconjuntos de los mismos pueden comunicarse simultáneamente con la estación base a base de compartir un canal convencional. En un sistema con m elementos de antena de recepción y m elementos de antena de transmisión, hasta m terminales remotos pueden compartir el mismo canal convencional al mismo tiempo.

Cuando múltiples terminales remotos están compartiendo un único canal de enlace ascendente convencional, los múltiples elementos de antena en la estación base miden cada uno una combinación del ruido y las señales de enlace ascendente entrantes. Estas combinaciones resultan de las ubicaciones relativas de los elementos de antena, de las ubicaciones de los terminales remotos y del ambiente de propagación de RF. Los medios de procesamiento de señales calculan los pesos de multiplexado espacial 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 las aplicaciones en las que distintas señales de enlace descendente deben ser enviadas de la estación base a los terminales remotos, los medios de procesamiento de señales computan pesos de multiplexado espacial que son usados para producir señales de enlace descendente multiplexado que al ser transmitidas desde los elementos de antena en la estación base redundan en que la correcta señal de enlace descendente es recibida en cada terminal remoto con una apropiada calidad de señal.

En las aplicaciones en las que la misma señal debe ser transmitida de la estación base a una gran número (mayor que el número de elementos de antena) de terminales remotos, los medios de procesamiento de señales computan pesos apropiados para difundir la señal cubriendo el área necesaria para alcanzar a todos los terminales remotos.

Por consiguiente, los medios de procesamiento de señales facilitan la comunicación simultánea entre una estación base y múltiples terminales remotos en el mismo canal convencional. El canal convencional puede ser un canal de frecuencia, una ranura de tiempo en un sistema multiplexado por división de tiempo, un código en un sistema multiplexado por división de código, o cualquier combinación de los mismos.

En una realización, todos los elementos de una sola red directiva de antenas transmiten y reciben señales de radiofrecuencia, mientras que en otra realización la red directiva de antenas incluye elementos de antena de transmisión y elementos de antena de recepción independientes. El número de elementos de transmisión y de recepción no tiene por qué ser el mismo. Si dichos números de elementos no son los mismos, el número máximo de enlaces de punto a punto que pueden ser establecidos simultáneamente en un canal convencional viene dado por el menor de los dos números.

Se comprenderán más fácilmente las realizaciones de la invención y los objetos y características de la misma a la luz de la siguiente descripción detallada junto con las figuras y las reivindicaciones acompañantes.

Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 es un diagrama funcional de bloques de una estación base según la invención.

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

ES 2 301 165 T3

La Figura 3 es un diagrama funcional de bloques de un demultiplexor espacial en la estación base.

La Figura 5 es un diagrama funcional de bloques de un transmisor multicanal en la estación base.

5 La Figura 6 es un diagrama funcional de bloques de un procesador espacial en la estación base.

La Figura 7 es un diagrama funcional de bloques de un terminal remoto con un conmutador transpondedor.

La Figura 8 es un diagrama funcional de bloques de un terminal remoto.

10

La Figura 9 es un diagrama esquemático de un sistema de red que consta de tres estaciones base y un controlador de múltiples estaciones base.

Lista de Números de Referencia

15

1. estación base

2. enlace de comunicación de estación base

20

3. controlador de estación base

4. señal recibida demodulada

25

5. señales de enlace ascendente separadas espacialmente

6. mediciones de las señales recibidas

7. pesos de demultiplexado

30

8. datos a transmitir direccionalmente

9. señal modulada a multiplexar para transmisión

10. señales moduladas multiplexadas espacialmente a transmitir

35

11. señales de calibración a transmitir

12. pesos de multiplexado

40

13. procesador espacial

14. transmisores multicanal

15. receptores multicanal

45

16a. receptor multicanal

16m. receptor multicanal

50

17a. transmisor multicanal

17m. transmisor multicanal

18a. antena de transmisión

55

18m. antena de transmisión

19a. antena de recepción

60

19m. antena de recepción

20. demultiplexor espacial

21. sumador

65

22a. multiplicadores

ES 2 301 165 T3

- 22m. multiplicadores
- 23. multiplexor espacial
- 5 24. modulador de señales
- 25. demodulador de señales
- 26a. multiplicadores
- 10 26m. multiplicadores
- 27. datos de control espacial
- 15 28. datos de parámetros espaciales
- 29. oscilador receptor común
- 30. datos de control de receptor
- 20 31. datos de control de transmisor
- 32. oscilador transmisor común
- 25 33. controlador de procesador espacial
- 34. lista de terminales remotos activos
- 35. selector de canales
- 30 36. base de datos de terminales remotos
- 37. procesador de pesos espaciales
- 35 38. procesador de firmas espaciales
- 39. antena de terminal remoto
- 40. duplexor de terminal remoto
- 40 41. salida de duplexor de terminal remoto
- 42. receptor de terminal remoto
- 45 43. señal recibida de terminal remoto
- 44. señal de calibración recibida de terminal remoto
- 45. demodulador de terminal remoto
- 50 46. datos demodulados de terminal remoto
- 47. teclado y controlador de teclado de terminal remoto
- 55 48. datos de teclado de terminal remoto
- 49. datos de visualizador de terminal remoto
- 50. visualizador y controlador de visualizador de terminal remoto
- 60 51. modulador de terminal remoto
- 52. datos de terminal remoto a transmitir
- 65 53. datos modulados de terminal remoto a transmitir
- 54. transmisor de terminal remoto

ES 2 301 165 T3

- 55. salida de transmisor de terminal remoto
- 56. datos de control de transmisor de terminal remoto
- 5 57. datos de control de receptor de terminal remoto
- 58. micrófono de terminal remoto
- 59. señal de micrófono de terminal remoto
- 10 60. altavoz de terminal remoto
- 61. señal de altavoz de terminal remoto
- 15 62. unidad central de procesamiento de terminal remoto
- 63. conmutador transpondedor de terminal remoto
- 64. control del conmutador transpondedor de terminal remoto
- 20 65. red de área extendida
- 66. controlador de múltiples estaciones base
- 25 67a. límite de celda
- 67b. límite de celda
- 67c. límite de celda
- 30 68. enlace de mensajes de alta velocidad
- 69. terminal remoto.

35 Descripción de la invención

La Figura 1 representa la realización preferida de una estación base 1. Un controlador 3 de estación base actúa como interfaz entre la estación base 1 y toda conexión externa a través de un enlace 2 de comunicación con la estación base, y sirve para coordinar todo el funcionamiento de la estación base 1. En la realización preferida, el controlador 3 de estación base es implementado con una unidad central de procesamiento convencional y la correspondiente memoria y programación.

Las transmisiones de radio entrantes o de enlace ascendente inciden una red directiva de antenas que se compone de un número m de elementos 19(a,...,m) de antena de recepción cada una de cuyas salidas está conectada a uno de m receptores multicanal en una batería de receptores multicanal con coherencia de fase 15. Los receptores multicanal 15 tienen respuestas de amplitud y fase bien adaptadas dentro de las bandas de frecuencia de interés, o bien, como es perfectamente sabido, se implementan filtros de corrección para dar cuenta de cualesquiera diferencias.

La realización ilustrativa describe un sistema que acceso múltiple por división de frecuencia convencional. Cada receptor multicanal es capaz de manejar múltiples canales de frecuencia. El símbolo N_{cc} será usado para hacer referencia al número máximo de canales de frecuencia convencionales que pueden ser manejados por los receptores. En dependencia de las frecuencias asignadas para el funcionamiento del sistema de comunicación inalámbrica y de los anchos de banda elegidos para determinados enlaces de comunicación, el N_{cc} podría ser tan pequeño como uno (un único canal de frecuencia) o tan grande como miles. En realizaciones alternativas, los receptores multicanal 15 podrían en lugar de ello manejar múltiples ranuras de tiempo, múltiples códigos o alguna combinación de estas técnicas de acceso múltiple perfectamente conocidas.

En cada canal convencional, los elementos 19(a,...,m) de antena de recepción miden cada uno una combinación de las señales de enlace ascendente que llegan procedentes de los terminales remotos que comparten este canal convencional. Estas combinaciones resultan de las ubicaciones relativas de las antenas, de las ubicaciones de los terminales remotos y del ambiente de propagación de RF, y para señales de banda estrecha vienen dadas por la ecuación (2).

La Figura 2 representa los receptores multicanal individuales 16(a,...,m) con las conexiones de elemento de antena, los osciladores receptores locales comunes 29, uno para cada canal de frecuencia convencional a usar en esa estación base, y las mediciones 6 de las señales recibidas. Los osciladores receptores locales comunes 29 aseguran que las señales de los elementos 19(a,...,m) de antena de recepción sean coherentemente convertidas hacia abajo al ancho de

ES 2 301 165 T3

banda: sus N_{cc} frecuencias están establecidas para que los receptores multicanal 16(a,...,m) extraigan todos los N_{cc} canales de frecuencia de interés. Las frecuencias de los osciladores receptores locales comunes 29 son controladas por un procesador espacial 13 (figura 1) a través de los datos 30 de control de receptor. En una realización alternativa, donde los múltiples canales de frecuencia están todos contenidos en una banda de frecuencia contigua, se usa un oscilador local común para convertir hacia abajo toda la banda, que es entonces digitalizada, y filtros digitales y decimadores extraen el deseado subconjunto de canales usando técnicas perfectamente conocidas.

La realización ilustrativa describe un sistema de acceso múltiple por división de frecuencia. En un sistema de acceso múltiple por división de tiempo o un sistema de acceso múltiple por división de código, los osciladores comunes 29 serían aumentados para retransmitir las señales de ranura de tiempo común o de código común respectivamente del procesador espacial 13, a través de los datos 30 de control de receptor, a los receptores multicanal 16(a,...,m). En estas realizaciones, los receptores multicanal 16(a,...,m) llevan a cabo la selección de canales de división de tiempo convencionales o canales de división de código convencionales además de la conversión hacia abajo a la banda base.

Haciendo de nuevo referencia a la Figura 1, los receptores multicanal 15 producen las mediciones 6 de las señales recibidas, que son suministrados al procesador espacial 13 y a un conjunto de demultiplexores espaciales 20. En esta realización, las mediciones 6 de las señales recibidas contienen m señales de banda base compleja para cada uno de los N_{cc} canales de frecuencia.

La Figura 6 muestra un diagrama de bloques más detallado del procesador espacial 13. El procesador espacial 13 produce y mantiene firmas espaciales para cada terminal remoto para cada canal de frecuencia convencional, y calcula los pesos de multiplexado y de demultiplexado espacial que serán usados por los demultiplexores espaciales 20 y los multiplexores espaciales 23. En la realización preferida, el procesador espacial 13 es implementado usando una unidad central de procesamiento convencional. Las mediciones 6 de las señales recibidas van a un procesador 38 de firmas espaciales que estima y actualiza las firmas espaciales. Las firmas espaciales son almacenadas en una lista de firmas espaciales en una base de datos de terminales remotos 36 y son usadas por el selector de canales 35 y el procesador 37 de pesos espaciales, que también produce los pesos de demultiplexado 7 y los pesos de multiplexado 12. Un controlador 33 del procesador espacial está en conexión con el procesador 37 de pesos espaciales y también produce datos de control de receptor 30 y datos de control de transmisor 31 y datos de control espacial 27.

Haciendo de nuevo referencia a la Figura 1, los demultiplexadores espaciales 20 combinan las mediciones 6 de las señales recibidas de acuerdo con los pesos de demultiplexado espacial 7. La Figura 3 muestra un demultiplexor espacial 20 para un único canal convencional. En esta realización, las operaciones aritméticas en el demultiplexor espacial 20 son realizadas usando chips aritméticos de uso general. En la Figura 3, $z_b(i)$ denota el $i^{\text{ésimo}}$ componente del vector 6 de medición de las señales recibidas para un único canal convencional, y $w_{rx}^*(i)$ denota el conjugado complejo del $i^{\text{ésimo}}$ componente del vector 7 del peso de demultiplexado espacial para un terminal remoto que usa este canal convencional.

Para cada terminal remoto en cada canal convencional, el demultiplexor espacial 20 computa el producto interno de los pesos de demultiplexado espacial 7 para el canal convencional con las mediciones 6 de las señales recibidas:

$$\mathbf{w}_{rx}^* \mathbf{z}_b = \mathbf{w}_{rx}^*(1) \mathbf{z}_b(1) + \dots + \mathbf{w}_{rx}^*(m) \mathbf{z}_b(m), \quad (5)$$

donde $(\cdot)^*$ indica conjugación compleja, los números entre paréntesis indican número de elemento (p. ej., $w_{rx}(i)$ es el $i^{\text{ésimo}}$ componente del vector w_{rx}), la multiplicación es llevada a cabo por los multiplicadores 22(a,...,m), y la suma es llevada a cabo por el sumador 21. Para cada terminal remoto en cada canal convencional, la salida del sumador 21 dada por la ecuación (5) comprende las señales de enlace ascendente espacialmente separadas 5.

Haciendo de nuevo referencia a la Figura 1, las salidas de los demultiplexores espaciales 20 son señales de enlace ascendente separadas espacialmente 5 para cada terminal remoto en comunicación con la estación base. Las señales de enlace ascendente separadas espacialmente 5 son demoduladas por los demoduladores de señales 25, produciendo señales recibidas demoduladas 4 para cada terminal remoto en comunicación con la estación base. Las señales recibidas demoduladas 4 y los correspondientes datos de control espacial 27 quedan a disposición del controlador 3 de la estación base.

En las realizaciones en las que se lleva a cabo codificación de canal de las señales enviadas por los terminales remotos, el controlador 3 de la estación base envía las señales recibidas demoduladas 4 al procesador espacial 13, el cual, usando técnicas de decodificación perfectamente conocidas, estima las Tasas de Errores de Bits (BERs) y las compara con los umbrales aceptables almacenados en la base de datos de terminales remotos 36. Si las BERs son inaceptables, el procesador espacial 13 reasigna recursos para aliviar el problema. En una realización, los enlaces con BERs inaceptables son asignados a nuevos canales usando la misma estrategia como la de añadir un nuevo usuario, con la excepción de que el canal actual no es aceptable a no ser que cambie el actual conjunto de usuarios de ese canal en particular. Adicionalmente, cuando ese canal convencional está disponible es llevada a cabo una recalibración de la firma de recepción para esa pareja de terminal remoto/estación base.

ES 2 301 165 T3

Para transmisión, los moduladores de señales 24 producen señales moduladas 9 para cada terminal remoto al que transmite la estación base, y los de un conjunto de pesos de demultiplexado espacial 12 para cada terminal remoto son aplicados a las respectivas señales moduladas en los multiplexores espaciales 23 para producir señales multiplexadas espacialmente a transmitir 10 para cada una de las m antenas de transmisión 18(a,...,m) y cada uno de los N_{cc} canales convencionales.

En la realización ilustrativa, el número N_{cc} de canales convencionales de enlace descendente es el mismo como el número N_{cc} de canales convencionales de enlace ascendente. En otras realizaciones puede haber distintos números de canales convencionales de enlace ascendente y de enlace descendente. Además, los canales pueden ser de distintos tipos y anchos de banda, como en el caso de una aplicación de televisión interactiva, donde el enlace descendente consta de canales de vídeo de banda ancha y el enlace ascendente emplea canales de datos/audio de banda estrecha.

Adicionalmente, la realización ilustrativa presenta el mismo número de elementos de antena m para transmisión y recepción. En otras realizaciones, el número de elementos de antena de transmisión y el número de elementos de antena de recepción pueden ser distintos, hasta e incluyendo el caso en el que la transmisión emplea solamente un elemento de antena de transmisión en un sentido omnidireccional tal como en una aplicación de televisión interactiva.

La Figura 4 muestra el multiplexor espacial para un terminal remoto en un determinado canal convencional. Las operaciones aritméticas en el multiplexor espacial 23 son realizadas usando chips aritméticos de uso general. El componente de las señales moduladas 9 destinadas a este terminal remoto en este canal convencional es denotado por s_b , y $w_{ix}(i)$ denota el $i^{\text{ésimo}}$ componente del vector de peso de multiplexado espacial 12 para este terminal remoto en este canal convencional.

Para cada terminal remoto en cada canal convencional, el multiplexor espacial 23 computa el producto de su vector de peso de multiplexado espacial (de los pesos de multiplexado espacial 12) con su señal modulada s_b (de las señales moduladas 9):

$$w_{ix}^* s_b = \begin{bmatrix} w_{ix}^*(1) s_b \\ \vdots \\ w_{ix}^*(m) s_b \end{bmatrix}, \quad (6)$$

donde $(-)^*$ indica conjugado complejo (transpuesta) y la multiplicación es llevada a cabo por los multiplicadores 26 (a,...,m). Para cada canal convencional, la ecuación (6) es evaluada por el multiplexor espacial 23 para cada terminal remoto al que se efectúa transmisión en este canal convencional. Es correspondiente a cada terminal remoto un distinto vector de peso de multiplexado y una distinta señal modulada. Para cada canal convencional, el multiplexor espacial 23 suma las señales espacialmente multiplexadas para cada terminal remoto al que se efectúa transmisión en este canal convencional, produciendo señales moduladas y multiplexadas espacialmente 10 que son las señales a transmitir para cada canal de enlace descendente convencional desde cada antena.

Las señales moduladas y espacialmente multiplexadas 10 son entradas a una batería de m transmisores multicanal con coherencia de fase 14. Los transmisores multicanal 14 tienen respuestas de amplitud y fase perfectamente coincidentes dentro de las bandas de frecuencia de interés, o bien, como es perfectamente conocido, se implementan filtros de corrección para dar cuenta de cualesquiera diferencias. La Figura 5 representa transmisores multicanal 17(a,...,m) con conexiones de antena, osciladores transmisores locales comunes 32 y entradas digitales 10. Los osciladores transmisores locales comunes 32 aseguran que las fases de las señales espacialmente multiplexadas 10 sean preservadas durante la transmisión por parte de las antenas de transmisión 18(a,...,m). Las frecuencias de los osciladores transmisores locales comunes 38 son controladas por el procesador espacial 13 (véase la Figura 1) a través de los datos de control de transmisor 31.

En una realización alternativa, el multiplexor espacial 23 usa técnicas de multiplexado en banda base perfectamente conocidas para multiplexar todas las señales de canal convencional calculadas a transmitir en forma de una sola señal de banda ancha que será convertida hacia arriba y transmitida por cada uno de los transmisores multicanal 16(a,...,m). El multiplexado puede ser llevado a cabo ya sea digitalmente o bien en forma analógica, según sea apropiado.

La realización ilustrativa muestra un sistema con múltiples canales de frecuencia. En un sistema de acceso múltiple por división de tiempo o de acceso múltiple por división de código, los osciladores comunes 32 serían aumentados para retransmitir las señales de ranura de tiempo común o de código común respectivamente del procesador espacial 13, a través de los datos de control de transmisor 31, a los transmisores multicanal 17(a,...,m).

Haciendo de nuevo referencia a la Figura 1, en las aplicaciones en las que se requieren firmas espaciales de transmisión, el procesador espacial 13 es también capaz de transmitir señales de calibración predeterminadas 11 para cada antena en un determinado canal de enlace descendente convencional. El procesador espacial 13 ordena a los transmisores multicanal 17(a,...,m), a través de los datos de control de transmisor 31, que transmitan las señales de calibración predeterminadas 11 en lugar de las señales espacialmente multiplexadas 10 para un determinado canal de enlace des-

ES 2 301 165 T3

cendente convencional. Este es un mecanismo que se usa para determinar las firmas espaciales de transmisión de los terminales remotos en este canal de enlace descendente convencional.

5 En realizaciones alternativas en las que se usan técnicas de codificación de canal perfectamente conocidas para codificar las señales a transmitir a los terminales remotos, los terminales remotos emplean técnicas de decodificación perfectamente conocidas para estimar las BERs, que son entonces comunicadas a la estación base por su canal de enlace ascendente. Si estas BERs sobrepasan los límites aceptables, se lleva a cabo una acción correctora. En una realización, la acción correctora supone reasignar recursos usando la misma estrategia como la de añadir un nuevo usuario, con la excepción de que el canal actual no es aceptable a no ser que cambie el actual conjunto de usuarios de ese canal en particular. Adicionalmente, cuando ese canal convencional está disponible es llevada a cabo una recalibración de la firma de transmisión para esa pareja de terminal remoto/estación base.

15 La Figura 7 representa la disposición de los componentes en un terminal remoto que proporciona comunicación de voz. La antena 39 del terminal remoto está conectada a un duplexador 40 para permitir que la antena 39 sea usada tanto para transmisión como para recepción. En una realización alternativa se usan antenas de recepción y transmisión independientes, siendo así eliminada la necesidad del duplexador 40. En otra realización alternativa en la que la recepción y la transmisión tienen lugar en el mismo canal de frecuencia pero en tiempos diferentes, se usa un conmutador de transmisión/recepción (TR) en lugar de un duplexador, como es perfectamente sabido. La salida 41 del duplexador sirve de entrada a un receptor 42. El receptor 42 produce una señal convertida hacia abajo 43, que es la entrada a un demodulador 45. Una señal de voz recibida demodulada 61 es introducida en un altavoz 60.

20 Los datos de control recibidos demodulados 46 son aportados a una unidad central de procesamiento (CPU) 62 del terminal remoto. Los datos de control recibidos demodulados 46 son usados para recibir datos procedentes de la estación base 1 durante el establecimiento y la terminación de la llamada, y en una realización alternativa, para determinar la calidad (BER) de las señales que son recibidas por el terminal remoto para transmisión de regreso a la estación base como se ha descrito anteriormente.

30 La CPU 62 del terminal remoto está implementada con un microprocesador estándar. La CPU 62 del terminal remoto también produce datos de control de receptor 57 para seleccionar el canal de recepción del terminal remoto, datos de control de transmisor 56 para establecer el canal de transmisión y el nivel de potencia del terminal remoto, datos de control a transmitir 52, y datos de visualizador 49 para el visualizador 50 del terminal remoto. La CPU 62 del terminal remoto también recibe datos de teclado 48 del teclado 47 del terminal remoto.

35 La señal de voz del terminal remoto a transmitir 59 desde el micrófono 58 es introducida en un modulador 51. Los datos de control a transmitir 52 son suministrados por la CPU 62 del terminal remoto. Los datos de control a transmitir 52 son usados para transmitir datos a la estación base 1 durante el establecimiento y la terminación de la llamada, así como para transmitir información durante la llamada tal como medidas de la calidad de la llamada (como p. ej. las tasas de errores de bits (BERs)). La señal modulada a transmitir 53, que es dada de salida por el modulador 51, es convertida hacia arriba y amplificada por un transmisor 54, que produce una señal de salida de transmisor 55. La salida de transmisor 55 es entonces introducida en el duplexador 40 para transmisión mediante la antena 39.

40 En una realización alternativa, el terminal remoto proporciona comunicación de datos digitales. La señal de voz recibida demodulada 61, el altavoz 60, el micrófono 58 y la señal de voz a transmitir 59 son sustituidos por interfaces digitales perfectamente conocidas en la técnica que permiten transmitir datos a y desde un dispositivo de procesamiento de datos externo (como por ejemplo un ordenador).

45 Haciendo de nuevo referencia a la Figura 7, el terminal remoto permite que los datos recibidos 43 sean transmitidos de regreso a la estación base 1 a través del conmutador 63 controlado por la CPU 62 del terminal remoto a través de la señal 64 de control del conmutador. En el funcionamiento normal, el conmutador 63 activa el transmisor 54 con la señal modulada 53 del modulador 51. Cuando el terminal remoto recibe de la estación base 1 la orden de entrar en el modo de calibración, la CPU 62 del terminal remoto envía la señal 64 de control del conmutador, que ordena al conmutador 63 que active al transmisor 54 con los datos recibidos 43.

50 La Figura 8 muestra una realización alternativa de la función de calibración del terminal remoto. Aquí ya no se usa el conmutador 63 de la Figura 7. En lugar de ello, la salida del receptor 42 es aportada a la CPU 62 del terminal remoto por medio de la conexión de datos 44. En funcionamiento normal, la CPU 62 del terminal remoto ignora la conexión de datos 44. En el modo de calibración, la CPU 62 del terminal remoto usa la conexión de datos 44 para computar la firma espacial de transmisión del terminal remoto, que es transmitida de regreso a la estación base a través del modulador 51 y del transmisor 54 como datos de control a transmitir 52.

60 En una realización alternativa, no se requieren especiales procedimientos de calibración en el terminal remoto. En muchos estándares de protocolo inalámbrico convencional los terminales remotos comunican regularmente a la estación base la intensidad de la señal recibida o la calidad de la señal de recepción. En esta realización, los informes de la intensidad de la señal recibida son suficientes para computar la firma espacial de transmisión del terminal remoto, como se ha descrito anteriormente.

65

Funcionamiento de la invención

Principios Generales - Estación Base

5 En muchos aspectos, la estación base espectralmente eficaz que se muestra en la Figura 1 se comporta de manera muy parecida a como lo hace una estación base de un sistema de comunicación inalámbrica estándar. La distinción primaria es la de que la estación base espectralmente eficaz soporta muchas más conversaciones simultáneas que canales de comunicación convencionales que tiene. Los canales de comunicación convencionales pueden ser canales de frecuencia, canales de tiempo, canales de código o cualquier combinación de éstos. El multiplexor/demultiplexor espacial incrementa la capacidad del sistema permitiendo que haya muchos canales espaciales en cada uno de estos canales convencionales. Además, a base de combinar las señales de múltiples antenas de recepción, el demultiplexor espacial 20 produce señales de enlace ascendente espacialmente separadas 5 que tienen una señal/ruido considerablemente mejorada, una reducida interferencia y una calidad mejorada en entornos de camino múltiple en comparación con una estación base estándar.

15 En la realización ilustrativa se describe un sistema de comunicación inalámbrica que consta de múltiples terminales remotos y estaciones base que incorporan redes directivas de antenas y procesamiento de señales espaciales. Tales sistemas tienen aplicación, por ejemplo, para proporcionar acceso inalámbrico a la PSTN local. Las transferencias de información (o llamadas) son iniciadas ya sea por un terminal remoto o bien por el enlace de comunicación 2 a través del controlador 3 de la estación base. La inicialización de las llamadas tiene lugar en un canal de control de enlace descendente y de enlace ascendente, como es perfectamente sabido en la técnica. En la presente realización, el canal de control de enlace descendente es transmitido usando las antenas de transmisión 18(a,...,m). En una realización alternativa, el canal de control de enlace descendente es difundido desde una única antena omnidireccional. El controlador 3 de la estación base pasa la identificación del terminal remoto que intervendrá en la llamada al procesador espacial 13, que usa las firmas espaciales almacenadas de ese terminal remoto para determinar qué canal de comunicación convencional deberá usar el terminal remoto. El canal seleccionado puede estar ya ocupado por varios terminales remotos, pero sin embargo el procesador espacial 13 usa las firmas espaciales de todos los terminales remotos en ese canal para determinar que los mismos puedan compartir el canal sin interferencia. En un sistema con m elementos de antena de recepción y m elementos de antena de transmisión, hasta m terminales remotos pueden compartir el mismo canal convencional. Más en general, el número de enlaces de comunicación dúplex total de punto a punto que pueden ocupar el mismo canal convencional al mismo tiempo viene dado por el menor de los números de elementos de recepción y de transmisión.

35 El procesador espacial 13 usa los pesos de multiplexado y demultiplexado espacial calculados para el canal seleccionado y el terminal remoto en cuestión para configurar el multiplexor espacial 23 y el demultiplexor espacial 20. El procesador espacial 13 informa entonces al controlador 3 del canal seleccionado. Como en una estación base convencional, el controlador 3 ordena entonces al terminal remoto (a través del canal de control de enlace descendente) que se conmute al canal seleccionado para las comunicaciones continuadas. En caso de que el terminal remoto tenga capacidades de control de potencia, como es perfectamente sabido en la técnica, el controlador 3 también ordena al terminal remoto que ajuste su potencia a un nivel apropiado sobre la base de parámetros tales como los niveles de potencia de los otros terminales remotos que comparten el mismo canal convencional y la requerida calidad de señal para cada enlace como se expone a continuación. Al haberse producido la terminación de las comunicaciones, el terminal remoto regresa a su estado pasivo, en el que se mantiene a la escucha del canal de control de enlace descendente a la espera de su siguiente llamada. Esto libera a ese "canal espacial" para otro terminal remoto.

Procesamiento Espacial - Estación Base

50 La Figura 6 muestra un diagrama de bloques del procesador espacial 13. El mismo es controlado por el controlador 33 del procesador espacial, que se intercomunica con el controlador 3 de la estación base a través del enlace 27. El controlador 33 del procesador espacial controla los ajustes de ganancia y frecuencia de los transmisores multicanal 14 y los receptores multicanal 15 por medio de las líneas de control 31 y 30.

55 El procesador espacial 13 mantiene una lista 34 de terminales remotos activos que cataloga cuáles terminales remotos están actualmente usando cada canal de comunicación convencional, así como sus actuales niveles de potencia de transmisión. Son asimismo almacenados otros parámetros de los terminales remotos tales como los formatos de modulación actualmente usados, los niveles de ruido de receptor en los actuales canales de frecuencia y las actuales exigencias en materia de calidad de señal. El procesador espacial 13 también mantiene una lista de firmas espaciales en la base de datos 36 de los terminales remotos que en realizaciones alternativas incluye los niveles de control de potencia de los terminales remotos, los canales de frecuencia convencionales permitidos para recepción y transmisión, y una lista de formatos de modulación comprendidos.

60 La lista de firmas espaciales en la base de datos 36 de los terminales remotos contiene una firma espacial de transmisión a_{tr} y una firma espacial de recepción a_{r} para cada frecuencia de funcionamiento para cada terminal remoto. En otra realización se almacenan asimismo estimaciones de la calidad (como p. ej. las covariancias de los errores de estimación) de las firmas espaciales. Como se ha mencionado anteriormente, la firma espacial de transmisión a_{tr} para un determinado terminal remoto y un determinado canal de frecuencia está definida como el vector de las relativas amplitudes de señal compleja que se verían llegar en ese específico terminal remoto como resultado de las idénticas (de igual amplitud y fase) señales de banda estrecha de potencia unitaria, a esa frecuencia específica, que son transmitidas

ES 2 301 165 T3

a través de los transmisores multicanal 14 y las antenas de transmisión 18(a,...,m). La firma espacial de transmisión incluye los efectos del ambiente de propagación entre la estación base y el terminal remoto, así como cualesquiera diferencias de amplitud y fase en los transmisores multicanal 14, los cables de antena y las antenas de transmisión 18 (a,...,m). La firma espacial de recepción a_{br} , para un determinado terminal remoto y un determinado canal de frecuencia, está definida como el vector de amplitudes de señal compleja que serían medidas en las salidas del receptor multicanal 16 dada una única señal de banda estrecha de potencia unitaria transmitida por ese determinado terminal remoto, a esa frecuencia en particular.

Cuando el controlador de la estación base 1 envía una petición de inicialización de llamada para un determinado terminal remoto a través del enlace 27, un selector de canales 35 hace una búsqueda en la lista de terminales remotos 34 para encontrar un canal de comunicación convencional que pueda acomodar al terminal remoto. En la realización preferida hay una lista de terminales remotos activos en recepción y una lista de terminales remotos activos en transmisión que son usadas por el selector de canales 35 para formar una matriz de firmas espaciales tanto de multiplexado como de demultiplexado para cada canal convencional. Para cada canal convencional, las columnas de la matriz de firmas espaciales de demultiplexado y las filas de la matriz de firmas espaciales de multiplexado son las firmas espaciales de recepción y transmisión almacenadas de cada uno de los terminales remotos que están actualmente activos en (usando) ese canal más una columna más que contiene la apropiada firma espacial del terminal remoto que pide un canal de comunicación.

La matriz de firmas espaciales de multiplexado para cada canal $A_{rb,p}$ (donde p denota el número de canal convencional) se forma usando las firmas espaciales de transmisión como se muestra en la ecuación (7):

$$A_{rb,p} = \begin{bmatrix} a_{rb,p}^1 \\ \vdots \\ a_{rb,p}^{n_p} \end{bmatrix}, \quad (7)$$

donde $a_{rb,p}^i$ es la firma espacial de transmisión para el $i^{\text{ésimo}}$ terminal remoto asignado al canal p y n_p es el número total de remotos en el canal convencional p .

La matriz de firmas espaciales de demultiplexado $A_{br,p}$ se forma usando las firmas espaciales de recepción como se muestra en la ecuación (8):

$$A_{br,p} = [a_{br,p}^1, a_{br,p}^2, \dots, a_{br,p}^{n_p}], \quad (8)$$

donde $a_{br,p}^i$ es la firma espacial de recepción para el $i^{\text{ésimo}}$ terminal remoto asignado al canal p .

El selector de canal 35 calcula las funciones de estas matrices de firmas para evaluar si la comunicación entre la estación y el nuevo terminal remoto puede o no puede ser realizada con éxito en el canal convencional seleccionado. En la realización preferida, el selector de canal 35 primeramente calcula los pesos de multiplexado y demultiplexado espacial para ese terminal remoto y luego usa estos pesos para estimar el rendimiento del enlace.

En la realización ilustrativa, los pesos de multiplexado espacial son las filas de una matriz W_{tx} que se da en la ecuación (9):

$$W_{tx} = S_b (A_{rb} A_{rb}^*)^{-1} A_{rb}, \quad (9)$$

donde $(\cdot)^{-1}$ es la inversa de una matriz, $(\cdot)^*$ es la transpuesta conjugada compleja de una matriz, A_{rb} es la matriz de firmas espaciales de multiplexado $A_{rb,p}$ asociada al relevante canal convencional, y S_b es una matriz (diagonal) que contiene las amplitudes de las señales a transmitir. Las amplitudes a transmitir S_b son calculadas en la realización preferida usando la matriz (diagonal) de voltajes de ruido cuadráticos medios de receptor de terminal remoto (N) y la matriz diagonal de mínimas calidades de señal deseadas (SNR_{des}) como se indica en la ecuación (10):

$$S_b = (SNR_{des} \times N)^{1/2} \quad (10)$$

Ahora el selector de canales 35 calcula el voltaje (potencia) medio cuadrático de promedio \bar{P}_b a transmitir desde cada elemento como la suma de cuadrados de los elementos en cada fila de W_{tx} , es decir:

$$\overline{P}_b = \text{diag}\{W_{ix}W_{ix}^*\}. \quad (11)$$

5 y el voltaje (potencia) cuadrado máximo P_b^{peak} a transmitir desde cada elemento como el cuadrado de la suma de la magnitud de los elementos en cada fila de W_{ix} , es decir,

$$10 \quad P_b^{\text{peak}} = \text{diag}\{\text{abs}(W_{ix}) \mathbf{I} \text{abs}(W_{ix}^*)\}, \quad (12)$$

donde \mathbf{I} es una matriz de todos los de la magnitud apropiada y $\text{abs}(\cdot)$ es valor absoluto de elemento. El selector de canales 35 compara estos valores con los límites para cada uno de los transmisores para cada uno de los elementos. Si cualesquiera de los valores medios o máximos sobrepasan los límites aceptables, al terminal remoto en cuestión no se le asigna el canal candidato. De lo contrario, se verifica la capacidad para recibir exitosamente desde el terminal remoto. En una realización alternativa, los límites de transmisor son usados como constreñimientos de desigualdad en un algoritmo de optimización para calcular los pesos de transmisión que cumplan las especificaciones dadas y que también redunden en la mínima cantidad de potencia transmitida posible. Si no pueden encontrarse pesos de transmisión que satisfagan los constreñimientos, el terminal remoto en cuestión no es asignado al canal candidato. Tales algoritmos de optimización son perfectamente conocidos.

Para verificar el enlace ascendente, el selector de canales 35 calcula pesos de demultiplexado espacial W_{rx} usando A_{br} , la matriz de firmas espaciales de demultiplexado $A_{br,p}$ asociada al canal convencional relevante, como se indica para la realización preferida en la ecuación (13):

$$25 \quad W_{rx} = (A_{br}P_r A_{br}^* + R_{nn})^{-1} A_{br}P_r, \quad (13)$$

30 donde P_r es una matriz (diagonal) de amplitudes (potencias) medias cuadráticas transmitidas por los terminales remotos y R_{nn} es la covariancia del ruido de receptor de la estación base. Entonces, el valor previsto de la covariancia del error medio cuadrático normalizado es calculada en una realización de la manera siguiente:

$$35 \quad \overline{MSE} = P_r^{-1/2} ((I - W_{rx}^* A_{br}) P_r (I - W_{rx}^* A_{br})^* + W_{rx}^* R_{nn} W_{rx}) P_r^{-1/2} \quad (14)$$

40 La notación $(\cdot)^{-*/2}$ indica la transpuesta conjugada compleja de la raíz cuadrada de la matriz. El inverso de MSE es una estimación de la prevista Relación de Señal a Interferencia Más Ruido ($SINR$) a la salida del demultiplexor espacial:

$$45 \quad \overline{SINR} = \overline{MSE}^{-1}. \quad (15)$$

Si todos los elementos diagonales de \overline{SINR} están por encima de los umbrales deseados sobre la base de la calidad de señal que se requiere que sea recibida desde cada terminal remoto, se permite al terminal remoto que acceda al canal. Si el terminal remoto candidato está por debajo de su umbral y tiene la capacidad de incrementar su potencia de salida, son efectuadas de nuevo las mismas computaciones para incrementar la potencia de salida del terminal remoto hasta que se alcance la máxima potencia de salida para ese terminal remoto y la \overline{SINR} siga siendo insuficiente, otra \overline{SINR} del terminal remoto quede por debajo de su umbral, en cuyo caso su potencia es incrementada de ser posible, o sean sobrepasados todos los umbrales. Si pueden encontrarse aceptables potencias de transmisión del terminal remoto, al terminal remoto se le concede el acceso a este canal convencional en particular, o de lo contrario se le deniega el acceso y se verifica otro canal convencional.

En una realización alternativa, el cálculo de los pesos de demultiplexado es efectuado usando procedimientos de optimización perfectamente conocidos con el objetivo de minimizar las potencias de transmisión del terminal remoto siempre que las señales estimadas en la estación base lleguen o sobrepasen sus $SINR$'s mínimas deseadas.

Asimismo, en una realización alternativa, en caso de que no pueda encontrarse un canal convencional para acomodar al terminal remoto, el selector de canales 35 calcula si alguna reorganización de los terminales remotos existentes entre los canales convencionales permitiría que el terminal remoto fuese soportado en algún canal convencional. En este caso, al terminal remoto se le denegará la comunicación en este punto en el tiempo tan sólo si no hay reorganización alguna de los usuarios existentes que permita acomodar al terminal remoto.

ES 2 301 165 T3

En una realización alternativa que emplea duplexado por división de frecuencia (FDD), los terminales remotos no quedan limitados a que se les asigne un par de canales convencionales fijos para transmisión y recepción. Se emplea una arquitectura de sistema suficientemente flexible en la que el selector de canales 35 puede elegir asignar a un determinado remoto a canales convencionales de transmisión y recepción separados por distintos desplazamientos de dúplex de frecuencia a fin de minimizar los niveles de interferencia de todo el sistema.

Los pesos de multiplexado y demultiplexado espacial para los terminales remotos que ya usan un canal convencional deben ser recalculados porque la adición de un nuevo terminal remoto a ese canal convencional puede variarlos de manera importante. En la realización preferida, el selector de canales 35, habiendo ya hecho los cálculos necesarios, envía los nuevos pesos de multiplexado y demultiplexado espacial al procesador de pesos espaciales 37 para ser usados para ajustar el multiplexor espacial 23 y el demultiplexor espacial 20. En una realización alternativa, el procesador de pesos espaciales 37 usa las matrices de firmas espaciales que le son enviadas por el selector de canales 35 para calcular distintos conjuntos de pesos de multiplexado y demultiplexado espacial para todos los terminales remotos de ese canal convencional.

El procesador de pesos espaciales 37 entonces envía los nuevos pesos de demultiplexado espacial a los demultiplexores espaciales 20 y los nuevos pesos de multiplexado espacial a los multiplexores espaciales 23 para este canal convencional, actualiza la lista 34 de terminales remotos activos, e informa al controlador 33 del procesador espacial, el cual a su vez informa al controlador 3 de la estación base del canal seleccionado. El controlador 3 de la estación base transmite entonces un mensaje al terminal remoto usando el canal de control de enlace descendente que ordena al terminal remoto que se conmute al canal convencional deseado.

Puede apreciarse por la ecuación (9) que las matrices de pesos de multiplexado W_{ix} tienen la propiedad:

$$A_{rb} W_{ix}^* = S_b. \quad (16)$$

Esto significa que en el $i^{\text{ésimo}}$ terminal remoto la señal destinada a ser enviada a ese terminal es recibida con suficiente amplitud (real positiva) $S_b(i,i)$. El hecho de que S_b tenga cero elementos fuera de la diagonal significa que en el $i^{\text{ésimo}}$ terminal remoto ninguna de las otras señales que son transmitidas son recibidas por ese terminal remoto. De esta manera, cada terminal remoto recibe solamente las señales destinadas al mismo a los necesarios niveles de potencia para asegurar unas correctas comunicaciones. En realizaciones alternativas, las incertidumbres en las estimaciones de A_{rb} son incorporadas al establecer los niveles de potencia de transmisión de la estación base y calcular los pesos para así minimizar el efecto de los errores y/o los cambios en A_{rb} .

Análogamente, en la estación base las particulares matrices de pesos de demultiplexado que se indican en (13) tienen la propiedad de que condicionadas por el conocimiento de las firmas espaciales de recepción y de los voltajes (potencias) transmitidos desde los terminales remotos, las señales estimadas \hat{S} que vienen dadas por:

$$\hat{S} = W_{rx}^* z_b, \quad (17)$$

son las de mayor precisión en el sentido del mínimo error medio cuadrático. En particular, las mismas son las que más coinciden con las señales transmitidas por los terminales remotos dadas las mediciones hechas en la estación base por los múltiples elementos de antena.

Las ecuaciones (9) y (13) representan solamente una manera de calcular los pesos de multiplexado y demultiplexado espacial. Hay otras estrategias similares que manifiestan propiedades similares a las que se indican en la ecuación (16) y se han descrito en el párrafo anterior. Otras técnicas perfectamente conocidas para calcular matrices de pesos W_{ix} y W_{rx} dan cuenta de la incertidumbre en las matrices de firmas espaciales A_{rb} y A_{br} , para canales convencionales de gran ancho de banda, y pueden incorporar constricciones de potencia y alcance dinámico más complejas.

55 *Determinación de las Firmas Espaciales*

Como se muestra en la figura 6, el procesador espacial 13 también contiene un procesador de firmas espaciales 38 para encontrar las firmas espaciales de los terminales remotos. En la realización ilustrativa, el procesador de firmas espaciales 38 usa las técnicas de calibración que se describen en la copendiente solicitud de patente U.S. 08/234.747.

En la realización ilustrativa, cada terminal remoto es capaz de entrar en un modo de calibración en el cual la señal recibida por el terminal remoto 43 es transmitida de regreso a la estación base 1. Haciendo referencia a la figura 7, esta función es aportada por el conmutador 63 controlado por la CPU 62 del terminal remoto a través de la señal 64 de control del conmutador.

Para determinar las señales espaciales de transmisión y recepción de un terminal remoto, el procesador de firmas espaciales 38 ordena al terminal remoto que entre en el modo de calibración transmitiéndole una orden por el canal de enlace descendente. Esta orden es generada por el controlador 3 de la estación base, sobre la base de una petición

del controlador 33 del procesador espacial, y modulada por los moduladores de señales 24. El procesador de firmas espaciales 38 entonces transmite señales de calibración predeterminadas 11, en el canal convencional ocupado por el terminal remoto, dando órdenes a los transmisores multicanal 17(a,...,m) por medio de los datos de control de transmisor 31 y del controlador 33 del procesador espacial. En la presente realización, las m señales (para cada antena) entre las señales de calibración predeterminadas 11 son sinusoides complejas de distinta frecuencia. En otra realización, las señales de calibración predeterminadas 11 son cualesquiera señales claras conocidas.

El terminal remoto que se muestra en la figura 7 transmite de regreso la señal recibida en el terminal remoto. Esta señal transpondida es recibida por los receptores multicanal 15 en la estación base que se muestra en la figura 1 y es suministrada al procesador de firmas espaciales 38 que se muestra en la figura 6. En una realización que se describe en la solicitud de patente 08/234.747, el procesador de firmas espaciales 38 computa las firmas espaciales de recepción y transmisión del terminal remoto a partir de las mediciones de señales recibidas 6 y de las señales de calibración predeterminadas 11 como se indica a continuación. Las muestras de los datos recibidos son almacenadas en una matriz de m por n datos Z que en ausencia de desplazamientos de ruido y de parámetros viene dada por

$$Z = k a_{br} a_{rb} S, \quad (18)$$

donde S es la matriz m por n de señales de calibración predeterminadas y k es una cantidad conocida por medio de la cual la señal es amplificada en el terminal remoto antes de su transmisión de regreso a la estación base. La firma espacial de recepción es proporcional al vector singular (u_1) que corresponde al mayor valor singular σ_{\max} de la matriz de datos Z . La transmisión de una señal de potencia unitaria desde el terminal remoto y recibida por la estación base en el elemento de antena 1 proporciona el necesario escalado g_{br} para la firma espacial de recepción.

$$a_{br} = g_{br} u_1 / u_1(1). \quad (19)$$

donde $u_1(1)$ es el primer elemento de u_1 . Una vez conocida a_{br} , a_{rb} es calculada mediante la ecuación:

$$a_{rb} = k^{-1} (g_{br} u_1 / u_1(1))^\dagger Z S^\dagger. \quad (20)$$

donde B^\dagger es la perfectamente conocida pseudoinversa de Moore-Penrose de la matriz B que satisface $BB^\dagger = I$ (la matriz de identidad) para matrices de rango total B que tienen más columnas que filas, y $B^\dagger B = I$ para matrices de rango total B que tienen más filas que columnas. En realizaciones alternativas también descritas en la solicitud 08/234.747 se usan técnicas perfectamente conocidas para dar cuenta del ruido presente en el sistema y de las variaciones de parámetros tales como los desplazamientos de frecuencia de oscilador.

El procesador de firmas espaciales 38 almacena las nuevas firmas espaciales en la base de datos de terminales remotos 36. Al concluir, el procesador de firmas espaciales 38 ordena al terminal remoto que salga del modo de calibración transmitiéndole una orden por el canal de enlace descendente.

En una realización alternativa, la computación de las firmas espaciales de transmisión de los terminales remotos puede ser llevada a cabo directamente por los terminales remotos. Esta realización del terminal remoto se muestra en la figura 8. En el modo de calibración, el procesador de firmas espaciales 38 transmite señales de calibración predeterminadas 11 por el canal convencional a calibrar por parte de los terminales remotos, igual como antes. La CPU 62 del terminal remoto usa las señales de calibración recibidas 44 y las formas de onda transmitidas conocidas para computar la firma espacial de transmisión del terminal remoto usando las mismas técnicas usadas por el procesador de firmas espaciales 38 en la realización anterior. La firma espacial de transmisión computada es transmitida de regreso a la estación base 1 a través del modulador 51 y del transmisor 54 como datos de control a transmitir 52. Al ser recibida por la estación base 1, el procesador de firmas espaciales 38 almacena la nueva firma espacial de transmisión en la base de datos 36 del terminal remoto. Puesto que cada terminal remoto lleva a cabo independientemente el cálculo de la firma espacial de transmisión, esta disposición permite que múltiples terminales remotos computen su propia firma espacial de transmisión simultáneamente en el mismo canal convencional. En esta realización, las firmas espaciales de recepción de los terminales remotos son computadas por el procesador de firmas espaciales 38 de la misma manera como en la realización anterior.

Usando estas técnicas, el procesador de firmas espaciales 38 puede medir las firmas espaciales de transmisión y recepción de un terminal remoto para un canal en particular en cualquier momento en que el canal esté inactivo. La eficacia de estas técnicas de calibración le permite al procesador de firmas espaciales 38 actualizar las firmas espaciales de numerosos terminales remotos para un canal determinado ocupando ese canal tan sólo por espacio de un corto periodo de tiempo.

Están también disponibles muchas otras técnicas para obtener las firmas espaciales de los terminales remotos. En algunos entornos de RF, las firmas espaciales para los terminales remotos pueden ser determinadas usando técnicas

ES 2 301 165 T3

perfectamente conocidas que dependen del conocimiento de la disposición geométrica de las m antenas de recepción 19(a,...,m) y de sus formas de directividad individuales (ganancia y fase de los elementos, con respecto a una referencia, en función del ángulo de llegada) y de la dirección desde la estación base hasta el terminal remoto. Además, técnicas tales como la ESPRIT (patentes U.S. 4.750.147 y 4.965.732) pueden ser usadas para estimar las direcciones en aplicaciones en las que las mismas no son conocidas a priori.

Análogamente, como es perfectamente sabido, el conocimiento de cualesquiera parámetros de formato de modulación predeterminado de las señales subyacentes que son transmitidas por los terminales remotos (como por ejemplo el conocimiento de determinadas secuencias de preámbulo o entrenamiento, o el conocimiento de que las señales son módulo constante) puede también ser usado para determinar las firmas espaciales de recepción para los terminales remotos. Un ejemplo adicional es el de las técnicas de realimentación dirigida a la toma de decisiones, que son también perfectamente conocidas en la técnica, en las que los datos de recepción son demodulados y luego remodulados para producir una estimación de la señal modulada original. Estas técnicas permiten estimar las firmas espaciales de recepción incluso cuando múltiples terminales remotos están ocupando un único canal convencional.

En algunos entornos de RF, las firmas espaciales de transmisión para los terminales remotos pueden ser calculadas explícitamente, como es perfectamente sabido, usando el conocimiento de las ubicaciones de los terminales remotos y de las ubicaciones y las configuraciones de directividad de las antenas de transmisión de la estación base. Esto no requiere una capacidad especial por parte del terminal remoto.

Si el terminal remoto tiene la capacidad de medir y comunicar la intensidad de la señal que está recibiendo, el sistema puede usar esta información para obtener las firmas espaciales de transmisión, aunque de manera menos eficaz que en el caso de la realización que se muestra en la figura 7, donde el terminal remoto tiene plenas capacidades de transpondedor, o de la realización que se muestra en la figura 8, donde el terminal remoto computa directamente su firma espacial de transmisión. La firma espacial de transmisión es determinada solamente sobre la base de las informaciones de la potencia de señal recibida del terminal remoto como se indica a continuación. Primeramente, el procesador de firmas espaciales 38 transmite idénticas señales de potencia unitaria desde dos de los m elementos de antena a la vez. El procesador de firmas espaciales 38 varía entonces la amplitud y fase de una de las dos señales hasta que el terminal remoto informa que no recibe señal alguna. A los del conjunto de pesos complejos para los elementos de antena 2 a m que se requieren para anular una señal de potencia unitaria desde el elemento 1 se les cambia el signo y se les invierte para producir la firma espacial de transmisión para el terminal remoto.

En otra realización adicional, el sistema puede ser diseñado para actualizar continuamente las firmas espaciales de los terminales remotos a la manera de un "circuito cerrado". Esto se hace para dar cuenta de la variación de tiempo de las firmas espaciales debido por ejemplo a un desplazamiento del terminal remoto o a cambios en las condiciones de propagación por RF. Para hacer esto, tanto la estación base como el terminal remoto transmiten periódicamente secuencias de entrenamiento predeterminadas. A cada terminal remoto actualmente activo en un determinado canal se le asigna una distinta secuencia de entrenamiento predeterminada y se le dan las secuencias de entrenamiento para todos los otros remotos actualmente activos en ese canal en particular. En una realización, las distintas secuencias de entrenamiento son ortogonales en el sentido de que el producto interno de cualesquiera dos de las formas de onda de secuencia de entrenamiento es cero. Cada vez que son transmitidas las secuencias de entrenamiento, cada terminal remoto calcula cuánto de cada secuencia de entrenamiento ha sido recibido usando técnicas perfectamente conocidas, y transmite esta información a la estación base.

En la realización ilustrativa, la estación base usa las salidas de receptor y el conocimiento de las formas de ondas transmitidas para calcular las firmas espaciales de recepción de los terminales remotos. En otra realización, la estación base calcula cuánto de cada secuencia de entrenamiento transmitida remotamente ha pasado en cada salida del demultiplexor espacial, expresado como vector complejo de coeficientes de acoplamiento. El conocimiento de estos coeficientes de acoplamiento permite que las firmas espaciales de recepción y transmisión actualmente activas sean corregidas para reducir la interferencia mutua usando técnicas perfectamente conocidas.

Finalmente, en los sistemas que usan duplexado por división de tiempo (TDD) para comunicaciones dúplex total, como es perfectamente sabido en la técnica, las frecuencias de transmisión y recepción son las mismas. En este caso, usando el perfectamente conocido principio de reciprocidad, las firmas espaciales de transmisión y de recepción están directamente relacionadas. Así, esta realización determina solamente una de las firmas, como por ejemplo la firma espacial de recepción, y la otra, que en este caso es la firma espacial de transmisión, es calculada a partir de la primera firma espacial (de recepción) y del conocimiento de las relativas características de fase y amplitud de los receptores multicanal 15 y los transmisores multicanal 14.

60 *Procesamiento Espacial a Nivel de Red*

En la realización que aquí se ilustra, el procesador espacial para cada estación base en el sistema de comunicación inalámbrica de tipo celular opera independientemente para maximizar el número de canales de comunicación en la celda inmediata. Sin embargo, pueden realizarse importantes mejoramientos de la capacidad del sistema si el procesador espacial desde cada estación base se comunica y coordina sus esfuerzos con los procesadores espaciales de otras celdas cercanas. Se muestra en la figura 9 una realización específica.

ES 2 301 165 T3

Un controlador 66 de múltiples estaciones base actúa como la interfaz entre la red de área extendida 65 a través del enlace 68 y las estaciones base 1 (a, b, c) a través de enlaces 2 (a, b, c) de comunicación con las estaciones base. Cada estación base es responsable de proporcionar cobertura a una serie de terminales remotos. En una realización, cada terminal remoto está asignado a solamente una estación base, quedando así definidos los límites 67 (a, b, c) de celda dentro de los cuales están situados todos los remotos asignados a una determinada estación base. Los usuarios equipados con terminales remotos 69 están identificados mediante una "R" dentro de un recuadro en la figura.

Cada procesador espacial contenido en las estaciones base 1 (a, b, c) mide y almacena las firmas espaciales de los terminales remotos de su celda y también de los terminales remotos de las celdas adyacentes. La determinación de las firmas espaciales de los terminales remotos de las celdas adyacentes es coordinada por el controlador 66 de múltiples estaciones base a través de los enlaces 2 (a, b, c) de comunicación con las estaciones base. A través de los enlaces 2 (a, b, c) de comunicación con las estaciones base y del controlador 66 de múltiples estaciones base, los procesadores espaciales de las estaciones base 1 (a, b, c) de las celdas adyacentes se informan unos a otros de con cuáles terminales remotos están en comunicación en cuáles canales convencionales. Cada procesador espacial incluye las firmas espaciales de los terminales remotos que están actualmente activos en las celdas adyacentes para formar matrices de firmas espaciales de transmisión y recepción extendidas A_{rb} y A_{br} , que son enviadas a todas las estaciones base adyacentes. Los selectores de canales de cada estación base, usando estas matrices de firmas espaciales extendidas, asignan juntamente los terminales remotos a cada canal convencional en cada una de las estaciones base 1 (a, b, c).

Las matrices de pesos resultantes W_{tr} y W_{rx} para cada estación base son entonces calculadas usando las matrices de firmas espaciales extendidas A_{rb} y A_{br} . Al calcular los pesos, el objetivo es el de minimizar la señal transmitida a y recibida desde los terminales remotos activos de la celda adyacente, permitiendo con ello que se comuniquen simultáneamente muchos más terminales remotos.

En una realización alternativa, el controlador 66 de múltiples estaciones base asigna los terminales remotos que piden acceso a las estaciones base dinámicamente usando una lista de enlaces de terminal remoto activo/estación base/canal convencional, las bases de datos de los terminales remotos asociados, y los requisitos particulares para el enlace a asignar. Adicionalmente, los terminales remotos pueden emplear múltiples antenas de transmisión y recepción (direccionales), para facilitar enlaces directivos a múltiples estaciones base cercanas según ordene el controlador 66 de múltiples estaciones base para incrementar adicionalmente la capacidad del sistema.

Ventajas

El aparato y el método según la invención proporciona una importante ventaja en comparación con el estado de la técnica por cuanto que permite a muchos terminales remotos compartir simultáneamente el mismo canal de comunicación convencional. En particular, para un sistema con m elementos de antena de recepción y m elementos de antena de transmisión, hasta m terminales remotos pueden compartir un solo canal de comunicación convencional. Además, las señales recibidas desde y transmitidas a los terminales remotos tienen una señal/ruido considerablemente mejorada, una interferencia reducida y una calidad mejorada en entornos de camino múltiple en comparación con una estación base estándar.

Así, un sistema de comunicación inalámbrica puede soportar muchas más conversaciones o tener un caudal de datos mucho mayor, con la misma cantidad de espectro. Como alternativa, un sistema de comunicación inalámbrica puede soportar el mismo número de conversaciones o caudal de datos con mucho menos espectro.

Realizaciones Alternativas

En una realización alternativa, las antenas de transmisión 18(a,...,m) y las antenas de recepción 19(a,...,m) en la estación base 1 son sustituidas por una sola red directiva de m antenas. Cada elemento en esta red directiva es asignado tanto a su respectivo componente de los transmisores multicanal 14 como a su respectivo componente de los receptores multicanal 15 por medio de un duplexor.

En otra realización alternativa, las señales en el canal de control de enlace ascendente pueden ser procesadas en tiempo real usando el procesamiento espacial que se describe en la copendiente solicitud de patente 07/806.695. Esto permitiría a los múltiples terminales remotos pedir un canal de comunicación al mismo tiempo.

En otra realización adicional para aplicaciones que supongan transferencia de datos de cortas ráfagas o paquetes de datos, no se requiere un canal de control de enlace ascendente aparte y el sistema puede atender las peticiones de comunicación y a otras funciones de control durante intervalos de tiempo de control que son entremezclados con los intervalos de comunicaciones.

Como se ha expuesto anteriormente, son conocidas muchas técnicas para medir las firmas espaciales de las radios de los terminales remotos y usar estas firmas espaciales para calcular pesos de multiplexado y demultiplexado que permitirían múltiples conversaciones y/o transferencias de datos simultáneas en el mismo canal de comunicación convencional.

ES 2 301 165 T3

Si bien la anterior descripción contiene muchas especificidades, éstas no deberán ser interpretadas como limitaciones del alcance de la invención, sino como ejemplificación de una realización preferida de la misma. Son posibles muchas otras variaciones. En consecuencia, el alcance de la invención deberá quedar determinado no por las realizaciones ilustradas, sino por las reivindicaciones adjuntas y sus equivalentes legales.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

ES 2 301 165 T3

REIVINDICACIONES

5 1. Terminal remoto para comunicar con una estación base en un sistema de comunicación inalámbrica, comprendiendo el terminal remoto:

al menos una antena (39);

10 medios receptores (42) para recibir transmisiones de la estación base en un canal convencional, donde el canal convencional comprende cualquiera o cualquier combinación de un canal de frecuencia, una ranura de tiempo en un sistema multiplexado por división de tiempo y un código en un sistema multiplexado por división de código, estando el terminal remoto configurado para recibir señales de transmisión transmitidas con formas de onda predeterminadas desde un procesador de firmas espaciales asociado a la estación base;

15 medios procesadores (62) para computar una firma espacial de transmisión usando las señales de calibración recibidas y las formas de onda transmitidas predeterminadas correspondientes a las señales de calibración, caracterizando dicha firma espacial de transmisión cómo el terminal remoto recibe las señales de cada uno de los elementos de la red directiva de antenas en la estación base en el canal convencional; y

20 medios transmisores (54) para transmitir la firma espacial de transmisión computada a dicha estación base.

2. El terminal remoto de la reivindicación 1, que comprende adicionalmente un duplexor (40) para permitir que la antena (39) que es al menos una sea usada tanto para transmisión como para recepción.

25 3. El terminal remoto de la reivindicación 1 o la reivindicación 2, que comprende adicionalmente un altavoz (60) y un micrófono (58) para permitir la comunicación de voz.

4. El terminal remoto de cualquier reivindicación precedente, que comprende adicionalmente un modulador (51) acoplado a los medios transmisores (54) y un demodulador (45) acoplado a los medios receptores (42).

30 5. El terminal remoto de cualquier reivindicación precedente, que comprende un transpondedor para transponder señales a la estación base para permitir a los medios de procesamiento espacial de recepción determinar las firmas espaciales de recepción usando las señales transpondidas.

35 6. Estación base para transmitir a una pluralidad de terminales remotos en un sistema de comunicaciones inalámbricas usando un canal de enlace descendente convencional común, donde dicho canal convencional comprende cualquiera o cualquier combinación de un canal de frecuencia, una ranura de tiempo en un sistema multiplexado por división de tiempo y un código en un sistema multiplexado por división de código, comprendiendo la estación base:

40 medios de transmisión que incluyen una pluralidad de elementos de antena de transmisión (18a-m) y transmisores (14) para transmitir señales de enlace descendente multiplexado a dicha pluralidad de terminales remotos, y para transmitir señales de calibración predeterminadas a un terminal remoto;

45 medios receptores (15) para recibir una firma espacial de transmisión determinada por el terminal remoto usando las señales de calibración recibidas y transmitidas a la estación base por el terminal remoto, caracterizando dicha firma espacial de transmisión cómo el terminal remoto recibe las señales de cada uno de los elementos de la red directiva de antenas de la estación base en el canal convencional;

50 medios de procesamiento espacial de transmisión (13) para almacenar las firmas espaciales de transmisión para dicha pluralidad de terminales remotos; y

medios de multiplexado espacial (23) que usan dichas firmas espaciales de transmisión y señales de enlace descendente para producir dichas señales de enlace descendente multiplexado.

55 7. La estación base de la reivindicación 6, donde dichos medios receptores están configurados para recibir señales de enlace ascendente transmitidas desde una pluralidad de terminales remotos usando un canal de enlace ascendente común, siendo dicho canal de enlace ascendente común uno de los de una pluralidad de canales de enlace ascendente, y producir mediciones de combinaciones de dichas señales de enlace ascendente de dicha pluralidad de terminales remotos usando dicho canal de enlace ascendente común, comprendiendo la estación base adicionalmente:

60 medios de procesamiento espacial de recepción para determinar y almacenar firmas espaciales de recepción para dicha pluralidad de terminales remotos usando dichas mediciones, dando dichas firmas espaciales de recepción cuenta de específicas características físicas de un camino de recepción que incluye a dichos medios receptores; y

65 medios de demultiplexado espacial para usar dichas firmas espaciales de recepción y dichas mediciones para calcular dichas señales de enlace ascendente.

ES 2 301 165 T3

8. La estación base de la reivindicación 7, donde los medios de procesamiento espacial de recepción comprenden:

una lista de terminales remotos activos de los terminales remotos asignados a al menos un canal de dicha pluralidad de canales de enlace ascendente;

5

una lista de firmas espaciales que tiene una firma espacial de recepción para cada terminal remoto de dicha pluralidad de terminales remotos y cada canal de dicha pluralidad de canales de enlace ascendente; y

medios de determinación de las firmas espaciales de recepción para determinar dichas firmas espaciales de recepción en dicha lista de firmas espaciales.

10

9. La estación base de la reivindicación 7 o la reivindicación 8, donde dichos medios de procesamiento espacial de recepción comprenden adicionalmente:

un selector de canales de recepción que utiliza dichas firmas espaciales de recepción para determinar si dicho canal de enlace ascendente común puede ser adicionalmente compartido por un terminal remoto adicional.

15

10. La estación base de la reivindicación 9, donde dichos medios de procesamiento espacial de recepción comprenden adicionalmente:

20

un procesador de pesos espaciales de recepción para calcular los pesos de demultiplexado espacial para dicha pluralidad de terminales remotos, siendo dichos pesos de demultiplexado espacial utilizados por dichos medios de demultiplexado espacial para calcular dichas señales de enlace ascendente.

11. Método en un terminal remoto para comunicar con una estación base en un sistema de comunicación inalámbrica, comprendiendo el método:

25

recibir transmisiones de la estación base en un canal convencional, donde el canal convencional comprende cualquiera o cualquier combinación de un canal de frecuencia, una ranura de tiempo en un sistema multiplexado por división de tiempo y un código en un sistema multiplexado por división de código, estando el terminal remoto configurado para recibir señales de calibración transmitidas como formas de onda predeterminadas desde un procesador de firmas espaciales asociado a la estación base;

30

computar una firma espacial de transmisión usando las señales de calibración recibidas y las formas de onda transmitidas predeterminadas correspondientes a las señales de calibración, caracterizando dicha firma espacial de transmisión cómo el terminal remoto recibe las señales de cada uno de los elementos de la red directiva de antenas de la estación base en el canal convencional; y

35

transmitir la firma espacial de transmisión computada a dicha estación base.

40

12. El método de la reivindicación 11, que comprende además usar la misma antena (39) tanto para transmisión como para recepción.

13. El método de la reivindicación 11 o la reivindicación 12, que permite además la comunicación de voz con un altavoz (60) y un micrófono (58).

45

14. El método de cualquiera de las reivindicaciones 11 a 13, que comprende adicionalmente transponder señales a la estación base para permitir a los medios de procesamiento espacial de recepción determinar las firmas espaciales de recepción usando las señales transpondidas.

50

15. Método en una estación base para transmitir a una pluralidad de terminales remotos en un sistema de comunicaciones inalámbricas usando un canal de enlace descendente convencional común, donde dicho canal convencional comprende cualquiera o cualquier combinación de un canal de frecuencia, una ranura de tiempo en un sistema multiplexado por división de tiempo y un código en un sistema multiplexado por división de código, comprendiendo el método:

55

transmitir señales de enlace descendente multiplexado a dicha pluralidad de terminales remotos, y transmitir señales de calibración predeterminadas a un terminal remoto;

recibir una firma espacial de transmisión determinada por el terminal remoto usando las señales de calibración recibidas y transmitidas a la estación base por el terminal remoto, caracterizando dicha firma espacial de transmisión cómo el terminal remoto recibe las señales de cada uno de los elementos de la red directiva de antenas de la estación base en el canal convencional;

60

almacenar las firmas espaciales de transmisión para dicha pluralidad de terminales remotos; y

65

usar dichas firmas espaciales de transmisión y señales de enlace descendente para producir dichas señales de enlace descendente multiplexado.

ES 2 301 165 T3

16. El método de la reivindicación 15, que comprende adicionalmente recibir señales de enlace ascendente transmitidas desde una pluralidad de terminales remotos usando un canal de enlace ascendente común, siendo dicho canal de enlace ascendente común uno de los de una pluralidad de canales de enlace ascendente, y producir mediciones de combinaciones de dichas señales de enlace ascendente de dicha pluralidad de terminales remotos usando dicho canal de enlace ascendente común, comprendiendo la estación base adicionalmente:

determinar y almacenar firmas espaciales de recepción para dicha pluralidad de terminales remotos usando dichas mediciones, dando dichas firmas espaciales de recepción cuenta de específicas características físicas de un camino de recepción que incluye a dichos medios receptores; y

medios de demultiplexado espacial para usar dichas firmas espaciales de recepción y dichas mediciones para calcular dichas señales de enlace ascendente.

17. El método de la reivindicación 16, que comprende adicionalmente:

almacenar una lista de terminales remotos activos de los terminales remotos asignados a al menos un canal de dicha pluralidad de canales de enlace ascendente;

almacenar una lista de firmas espaciales que tiene una firma espacial de recepción para cada terminal remoto de dicha pluralidad de terminales remotos y cada canal de dicha pluralidad de canales de enlace ascendente; y

determinar dichas firmas espaciales de recepción en dicha lista de firmas espaciales.

18. El método de la reivindicación 16 o la reivindicación 17, que comprende adicionalmente:

utilizar dichas firmas espaciales de recepción para determinar si dicho canal de enlace ascendente común puede ser adicionalmente compartido por un terminal remoto adicional.

19. El método de la reivindicación 18, que comprende adicionalmente:

calcular pesos de demultiplexado espacial para dicha pluralidad de terminales remotos, siendo dichos pesos de demultiplexado espacial utilizados por los medios de demultiplexado espacial para calcular dichas señales de enlace ascendente.

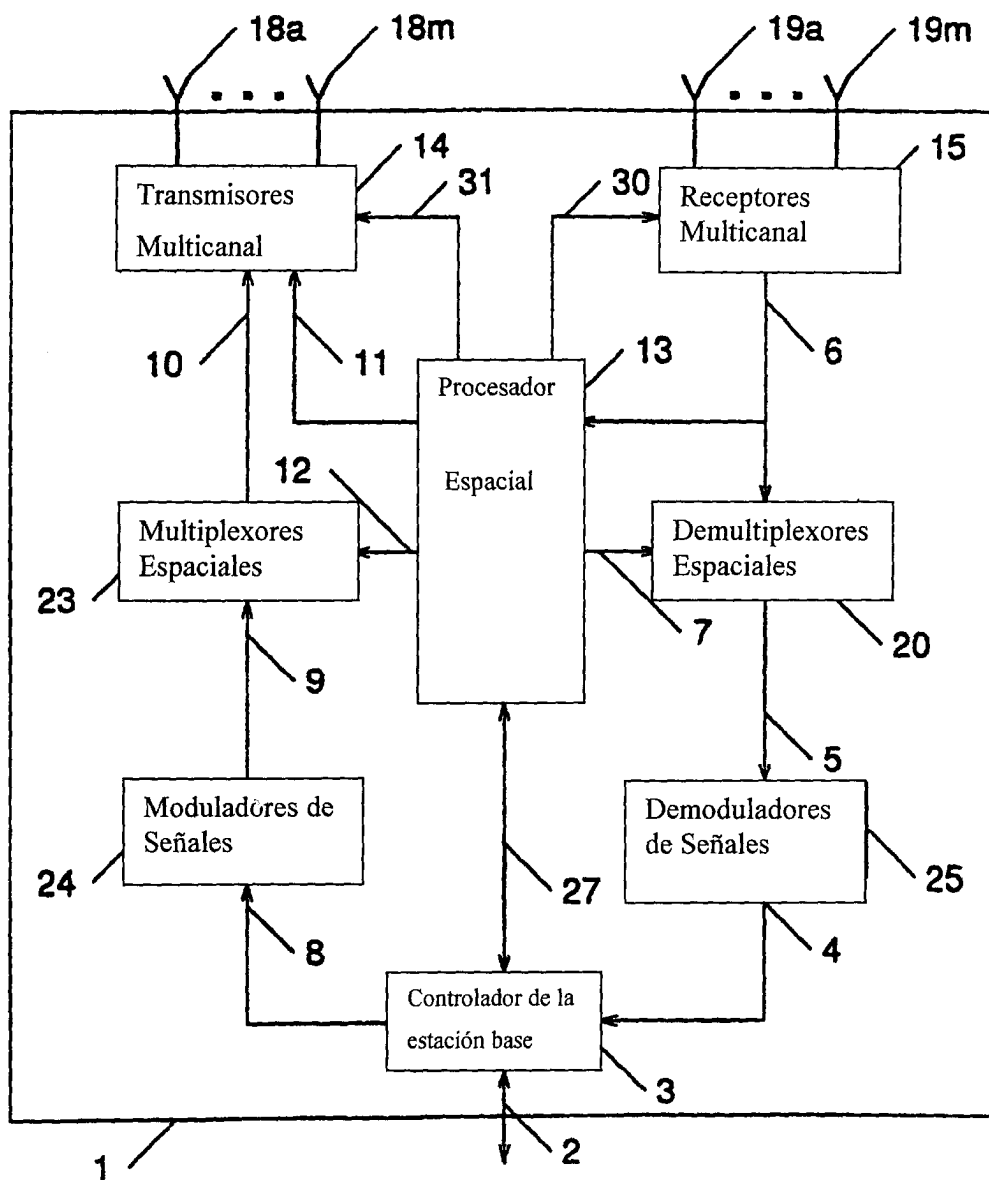


FIG. 1

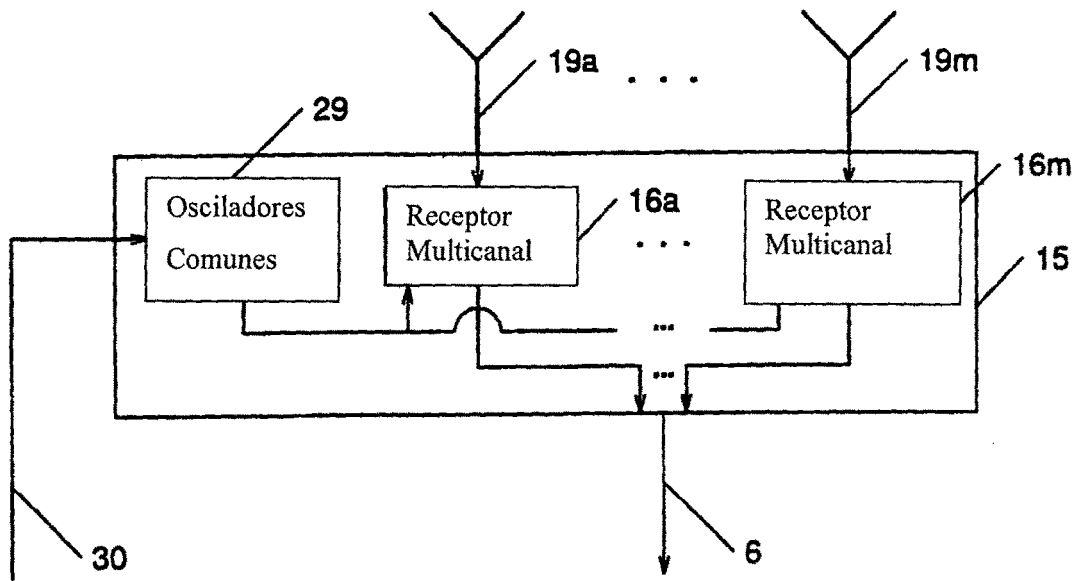


FIG. 2

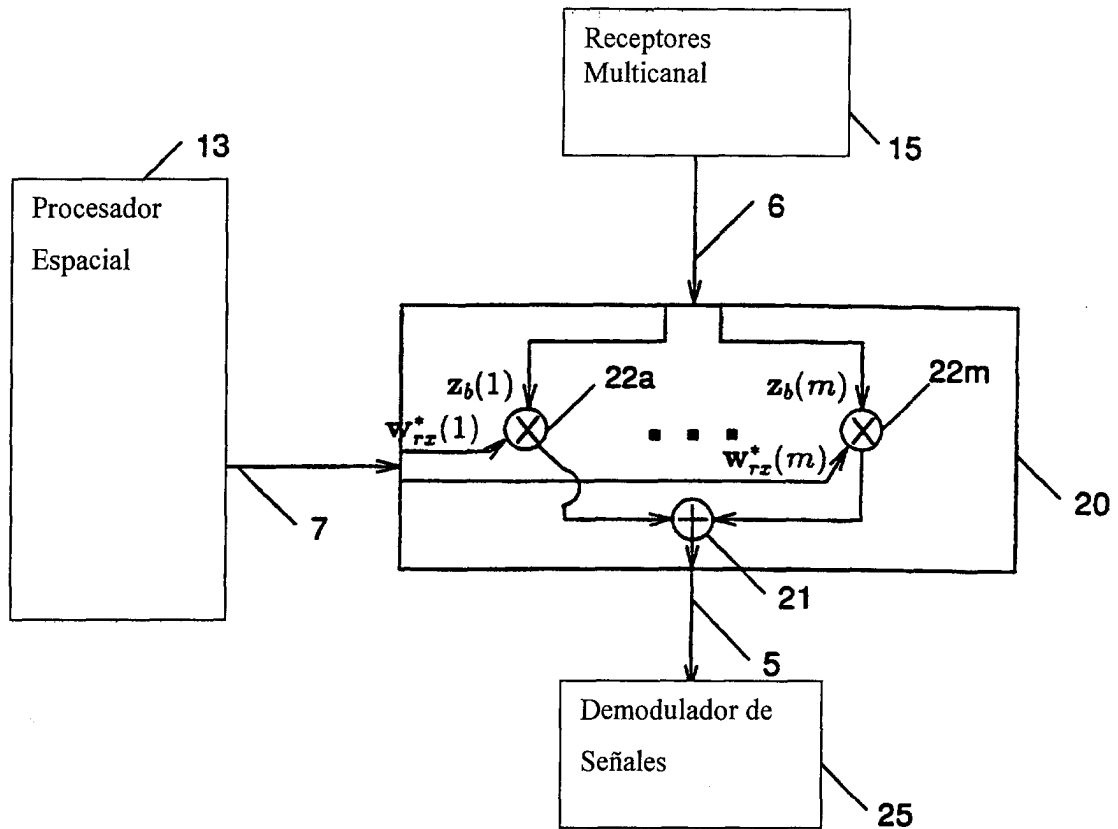


FIG. 3

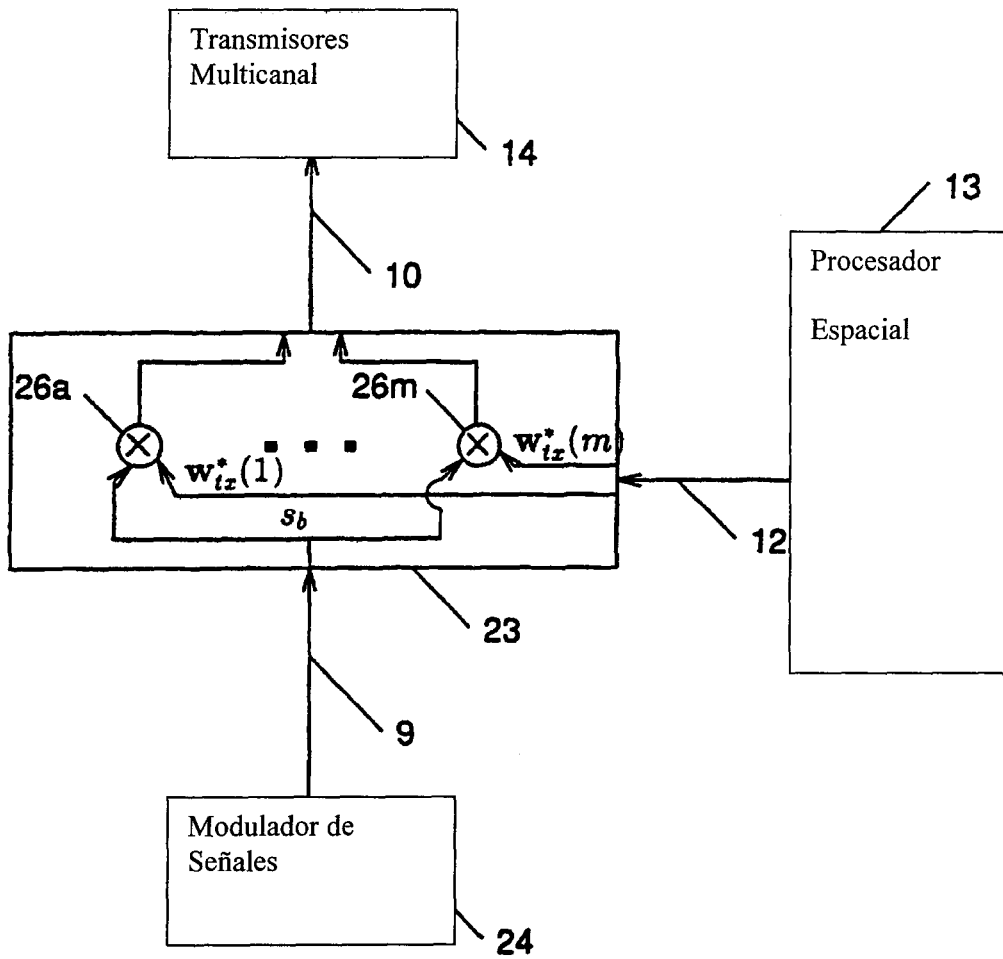


FIG. 4

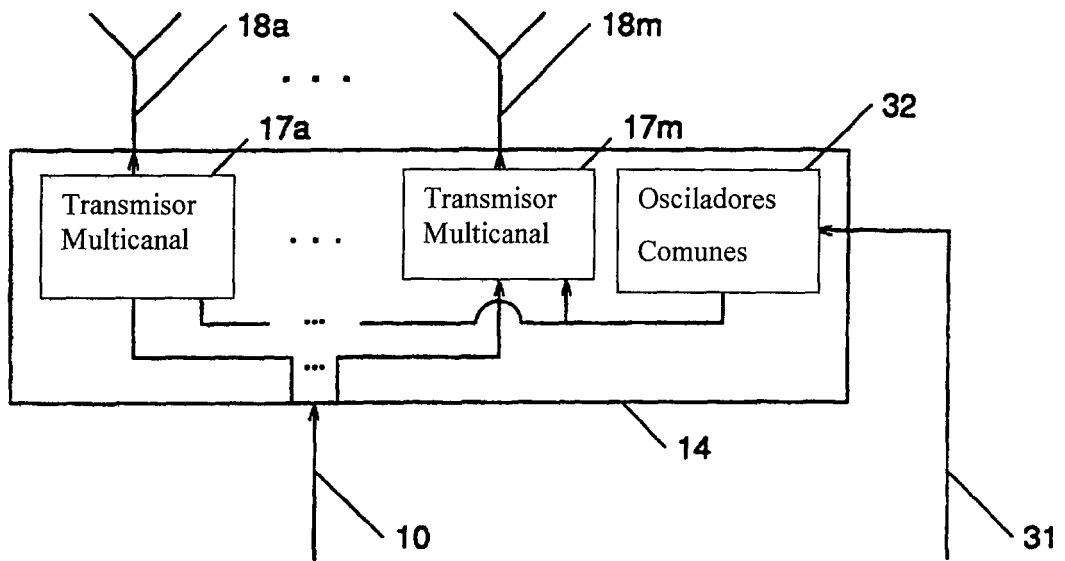


FIG. 5

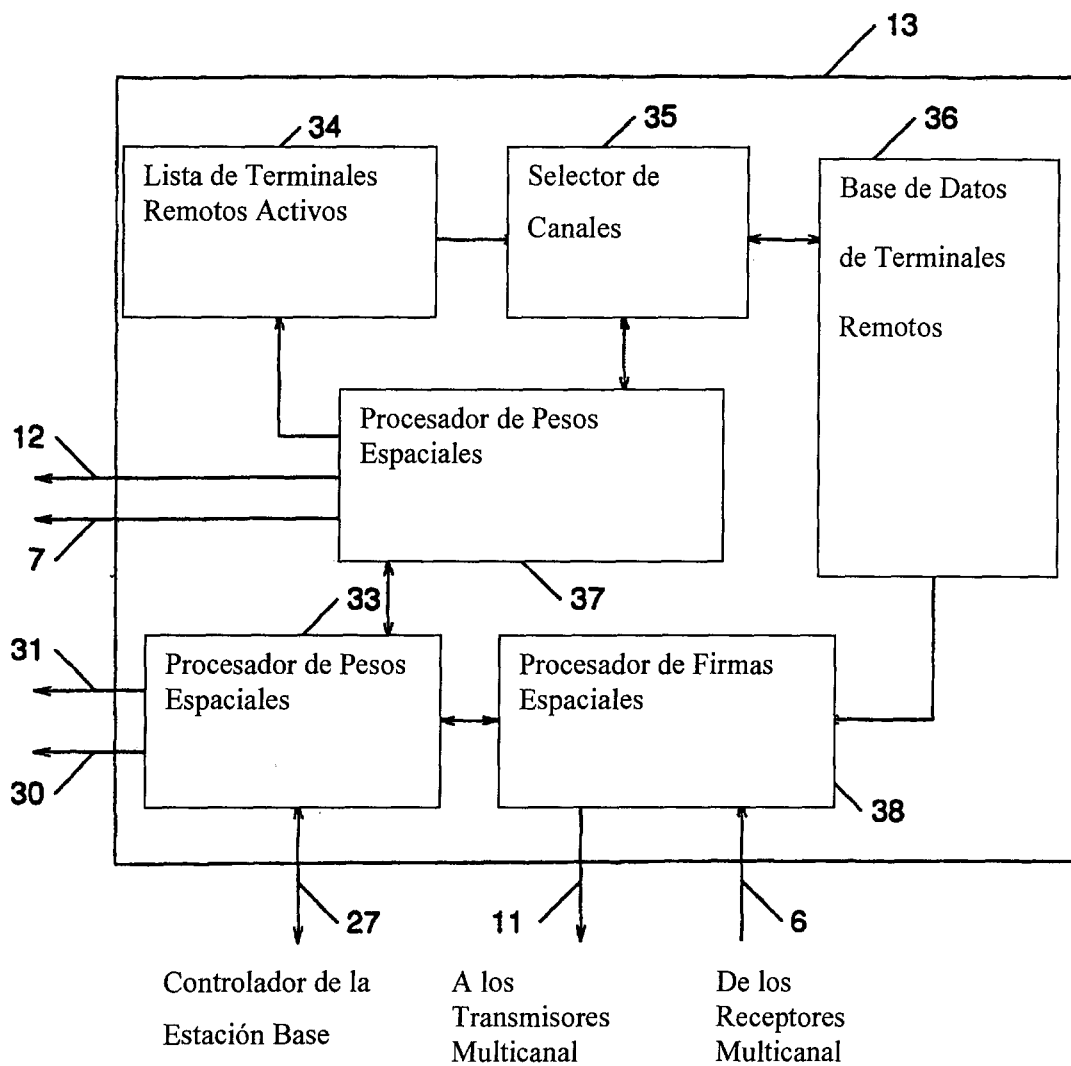


FIG. 6

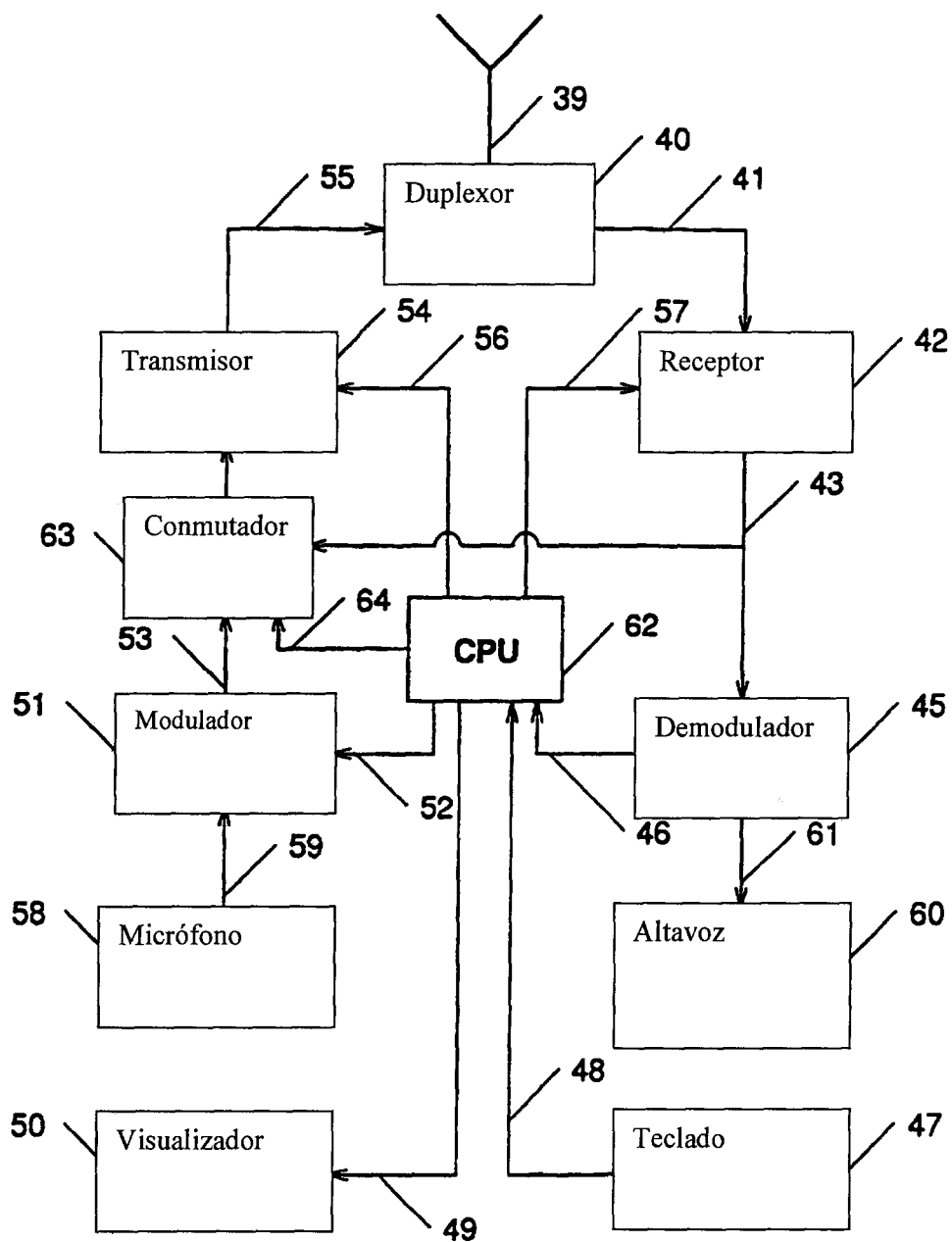


FIG. 7

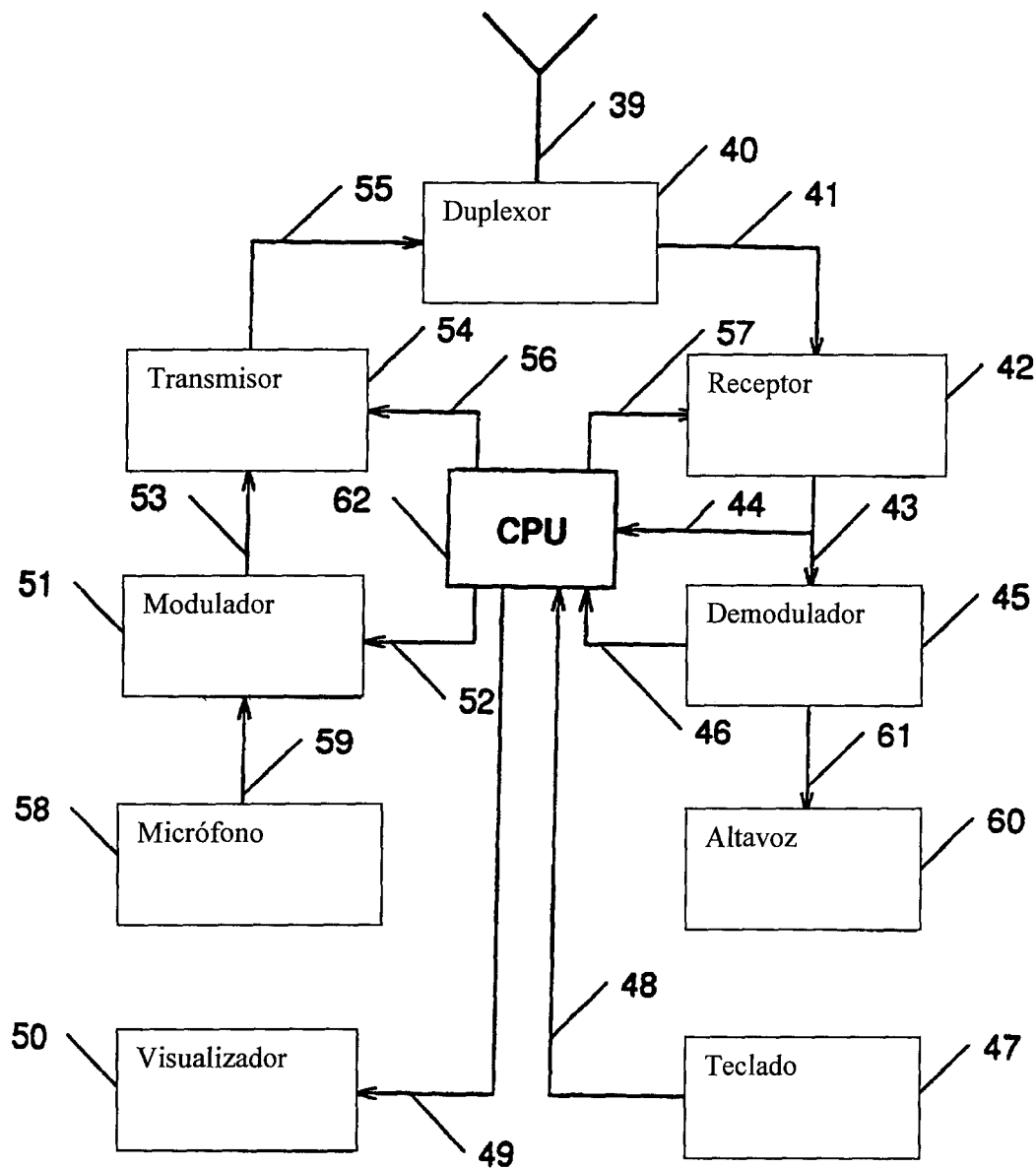


FIG. 8

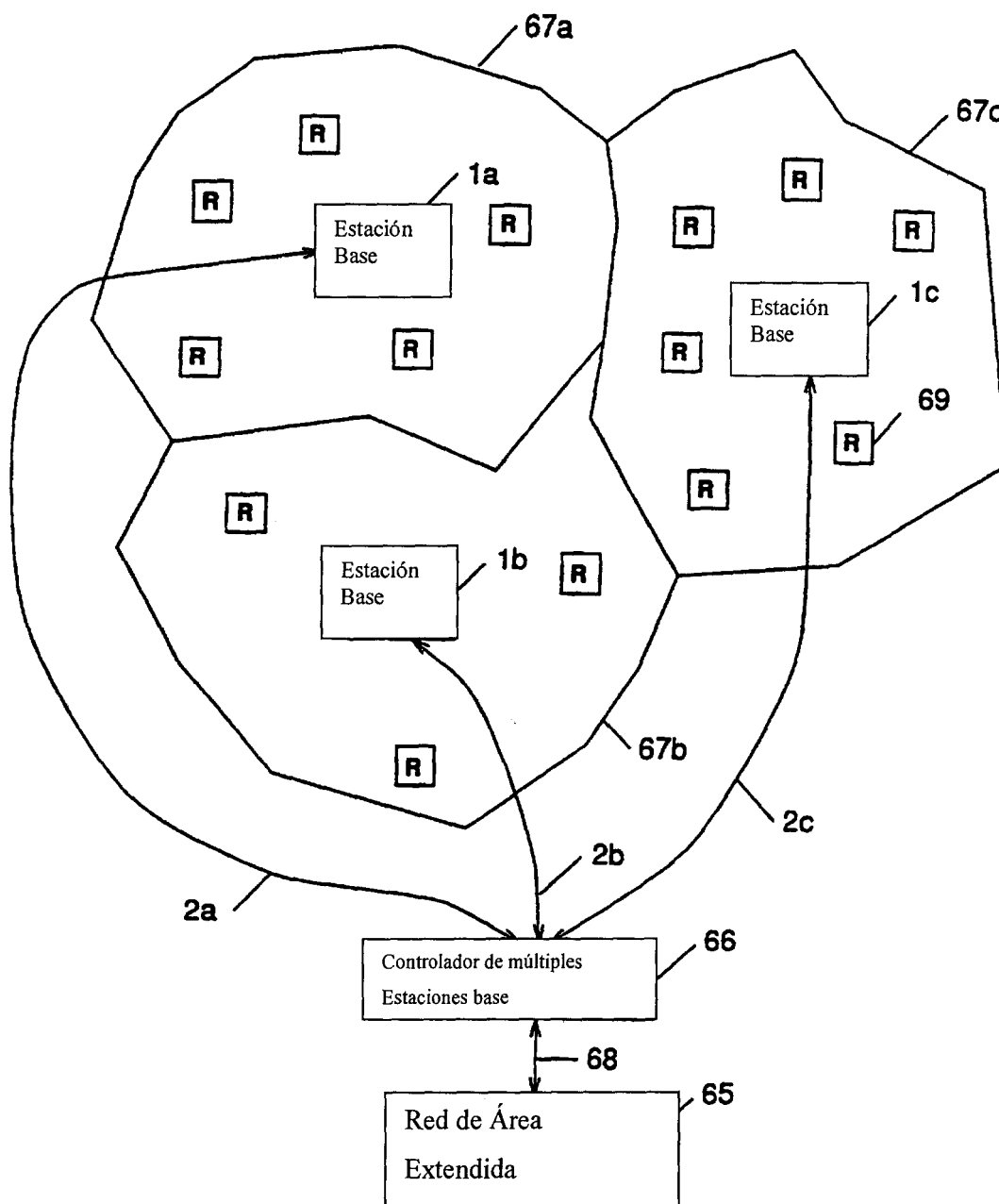


FIG. 9