

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 533 441**

51 Int. Cl.:

**G01S 5/12** (2006.01)  
**H04W 16/28** (2009.01)  
**H04B 7/06** (2006.01)  
**H04B 17/00** (2015.01)  
**H04B 7/08** (2006.01)  
**H04B 7/04** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.12.1995 E 03009673 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.01.2015 EP 1398845**

54 Título: **Sistemas de comunicaciones inalámbricos de gran capacidad espectralmente eficaz**

30 Prioridad:

**20.01.1995 US 375848**

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

**10.04.2015**

73 Titular/es:

**INTEL CORPORATION (100.0%)  
2200 Mission College Boulevard  
Santa Clara, CA 95054, US**

72 Inventor/es:

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

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

**ES 2 533 441 T3**

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

## DESCRIPCIÓN

Sistemas de comunicaciones inalámbricos de gran capacidad espectralmente eficaz

## 5 ANTECEDENTES DE LA INVENCIÓN

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

10 Los sistemas de comunicaciones inalámbricos pueden utilizarse para complementar, y en algunos casos sustituir, los sistemas de comunicaciones cableados convencionales en áreas en donde los sistemas inalámbricos convencionales no están disponibles, no son viables o tienen un coste excesivamente alto. Áreas, a modo de ejemplo, de dicha clase son: áreas rurales, con un pequeño número de usuarios de difusión amplia, áreas subdesarrolladas con poca o ninguna infraestructura actual, aplicaciones sensibles a la fiabilidad en áreas en donde la infraestructura cableada no es fiable y entornos políticos en donde los proveedores de servicios cableados monopolísticos mantienen precios artificialmente altos. Incluso en áreas metropolitanas y en países muy desarrollados, los sistemas de comunicaciones inalámbricos pueden utilizarse para la comunicación ubicua de bajo coste, nuevos servicios de datos flexibles y sistemas de comunicaciones de emergencia. En general, los sistemas de comunicaciones inalámbricos pueden utilizarse para las comunicaciones vocales tales como los sistemas telefónicos convencionales y para comunicaciones de datos en una zona amplia basada en radio o también en una red de área local.

25 Los usuarios inalámbricos acceden a los sistemas de comunicaciones inalámbricos utilizando terminales remotos tales como teléfonos móviles y módem de datos provistos de radio-transceptores. Dichos sistemas (y en particular, los terminales distantes) tienen protocolos para iniciar llamadas, recibir llamadas y para la transferencia general de información. La transferencia de información puede realizarse en tiempo real, tal como es el caso de las conversaciones vocales con circuitos conmutados y las transmisiones por fax, o en el modo denominado de 'memorizar y enviar', tal como es frecuente el caso para el correo electrónico, paginación de búsqueda y otros sistemas de transferencia de mensajes similares.

35 A los sistemas de comunicaciones inalámbricos se les suele asignar una parte del espectro de radiofrecuencias para su funcionamiento. La parte asignada del espectro se divide en canales de comunicaciones. Estos canales pueden distinguirse por la frecuencia, por el tiempo, por el código o por alguna de sus combinaciones. Cada uno de estos canales de comunicaciones será referido aquí como *canales convencionales*. Dependiendo de las asignaciones de frecuencia disponibles, el sistema inalámbrico podría tener desde uno a varios centenares de canales de comunicaciones. Para proporcionar enlaces de comunicaciones del modo de dúplex completo, normalmente se utilizan algunos de los canales de comunicaciones para la comunicación desde las estaciones base a los terminales distantes de los usuarios (los enlaces descendentes) y otros se emplean para la comunicación desde los terminales distantes a las estaciones base de los usuarios (el enlace ascendente).

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

50 Tal como se indicó con anterioridad, las estaciones base pueden actuar como puntos de presencia PoP, que proporcionan conexión a uno o más sistemas de comunicaciones inalámbricos. Dichos sistemas incluían redes de datos locales, redes de datos de área amplia y redes públicas de telefonía conmutadas, PSTNs. De este modo, a los usuarios distantes se les proporciona acceso a los servicios de datos de área local y/o área amplia y al sistema telefónico público local. Las estaciones base pueden utilizarse también para proporcionar conectividad local sin acceso directo a una red cableada tal como en los sistemas de comunicaciones móviles de soluciones globales y de emergencia de área local. Las estaciones base pueden proporcionar también conectividad de varias clases. En las realizaciones, a modo de ejemplo, antes citadas, se suponía la presencia de comunicaciones punto a punto en donde cantidades prácticamente iguales de información fluyen en ambas direcciones entre dos usuarios. En otras aplicaciones tales como la televisión interactiva, la información se difunde a todos los usuarios simultáneamente y las respuestas de gran parte de las unidades distantes han de procesarse en las estaciones base.

65 Sin embargo, los sistemas de comunicaciones inalámbricos convencionales son comparativamente ineficaces desde el punto de vista espectral. En los sistemas de comunicaciones inalámbricos convencionales, solamente un terminal distante puede utilizar cualquier canal convencional con una célula en cualquier momento. Si más de un terminal distante, en una célula, intenta utilizar el mismo canal al mismo tiempo, las señales de enlace descendente

y de enlace ascendente, asociadas con los terminales distantes interfieren entre sí. Puesto que la tecnología de receptores convencionales no puede eliminar la interferencia en estas señales combinadas de enlace ascendente y de enlace descendente, los terminales distantes son incapaces de comunicarse, de forma efectiva, con la estación base cuando está presente una interferencia. De este modo, la capacidad total del sistema está limitada por el número de canales convencionales de los que dispone la estación base y en el sistema global, por el modo en que se reutilizan estos canales entre múltiples células. En consecuencia, los sistemas inalámbricos convencionales son incapaces de proporcionar capacidad en cualquier lugar cercano al emplazamiento de los sistemas de comunicaciones cableados.

El documento WO9312590 da a conocer un sistema de comunicaciones inalámbrico con acceso múltiple por división espacial. La capacidad y la calidad de las comunicaciones inalámbricas entre una pluralidad de estaciones remotas y una estación base se aumenta utilizando mediciones procedentes de un conjunto de antenas receptoras en la estación base para calcular parámetros de múltiples señales transmitidas desde una pluralidad de usuarios y de este modo, obtener las posiciones y velocidades de los usuarios. Esta información se utiliza resolviendo el problema de la transferencia y para calcular una estrategia adecuada de multiplexión espacial para la transmisión simultánea de señales a usuarios en el mismo canal.

#### SUMARIO DE LA INVENCION

Un aspecto inventivo de la presente invención da a conocer un método y aparato correspondiente para comunicaciones inalámbricas, cuyo método comprende: la recepción de una pluralidad de señales, incluyendo una primera señal, en una pluralidad de elementos de antena, estando cada señal asociada con un terminal distante diferente, estando la primera señal asociada con un primer terminal distante; la determinación de una signatura espacial correspondiente a cada una de la pluralidad de señales, indicando cada signatura espacial un vector de peso de ponderación para un terminal distante asociado; la memorización de las signaturas espaciales correspondientes a la pluralidad de señales y terminales distantes asociados y la demultiplexión espacial de las señales distintas a la primera señal utilizando las signaturas espaciales para obtener una estimación de la primera señal para el primer terminal distante.

Otro aspecto de la idea inventiva de la presente invención da a conocer un método y aparato correspondiente para comunicaciones inalámbricas, cuyo método comprende: la determinación de un conjunto de signaturas espaciales para una pluralidad de terminales distantes diferentes, indicando cada signatura espacial un vector de peso de ponderación para un terminal distante asociado; la memorización de las signaturas espaciales; la multiplexión espacial de una pluralidad de señales que utilizan las signaturas espaciales para la transmisión a la pluralidad de terminales distantes asociados con las signaturas espaciales y la transmisión de la pluralidad de señales espacialmente multiplexadas.

En consecuencia, las formas de realización de la presente invención utilizan conjuntos matriciales de antenas y procesamiento de señales para separar combinaciones de señales recibidas (enlace ascendente). Otras formas de realización de la presente invención pueden transmitir también señales de enlace descendente multiplexadas espacialmente. El resultado es un aumento, de gran magnitud, en la eficiencia espectral, la capacidad, la calidad de la señal y la cobertura de los sistemas de comunicaciones inalámbricos. La capacidad se aumenta permitiendo a múltiples usuarios compartir simultáneamente el mismo canal de comunicaciones convencional dentro de una célula sin interferir entre sí y además, permitiendo una reutilización más frecuente del mismo canal convencional dentro de una zona geográfica de cobertura de numerosas células. La calidad de la señal y el área de cobertura se mejoran mediante un procesamiento inteligente de señales recibidas desde, y transmitidas por, múltiples elementos de antena. Además, las formas de realización de la presente invención proporcionan ganancias de capacidad asignando, de forma dinámica, canales convencionales entre estaciones base y terminales distantes.

En resumen, las formas de realización de la presente invención comprenden conjuntos matriciales de antenas y medios de procesamiento de señales para medir, calcular, memorizar y utilizar signaturas espaciales de receptores y transmisores en sistemas de comunicaciones inalámbricos para aumentar la capacidad del sistema, la calidad de la señal y la cobertura para reducir el coste del sistema global. El conjunto de antenas y los medios de procesamiento de señales pueden utilizarse en estaciones base (PoPs) y terminales distantes.

En general, pueden ser diferentes los requisitos de procesamiento en estaciones base en donde numerosas señales están siendo concentradas más que en los terminales distantes en donde, en general, solamente se gestiona un número limitado de enlaces de comunicaciones.

A modo de ejemplo, en una aplicación de bucle local inalámbrico, una estación base particular podría servir como un dispositivo punto PoP para numerosos terminales distantes y emplear los conjuntos de antenas y el procesamiento de señales para mejorar todavía más su capacidad y la calidad de la señal a través de terminales distantes más simples que gestionan menos enlaces de comunicaciones. En este caso, la distinción entre estaciones base y terminales distantes es que las estaciones base suelen actuar como concentradores que se conectan a múltiples unidades distantes simultáneamente, proporcionando posiblemente una conexión de alta capacidad para una red de área amplia. Aunque, para mayor claridad, de la descripción siguiente se utilizan los términos de terminales distantes

simples que no emplean conjuntos matriciales de antenas nada aquí contenido debe interpretarse como que impide dicha aplicación. De este modo, aunque, en adelante, las firmas espaciales estarán asociadas primariamente con terminales distantes, cuando se utilizan conjuntos de antenas en terminales distantes, las estaciones base tendrán también firmas espaciales asociadas.

5 En resumen, existen dos firmas espaciales asociadas con cada par de terminal distante/estación base un canal de frecuencia particular, en donde, para los fines de esta descripción, se supone que solamente las estaciones base tienen conjuntos matriciales de antenas. Las estaciones base asocian, con cada terminal distante en su célula, una firma espacial relacionada a la forma en que el terminal distante recibe las señales que le transmiten por el conjunto de antenas de la estación base y una segunda firma espacial relacionada a la forma en que el conjunto de antenas de recepción de la estación base recibe señales transmitidas por el terminal distante. En un sistema con numerosos canales convencionales, cada par de terminal distante/estación base tiene firmas espaciales de transmisión y de recepción para cada canal convencional.

15 La firma espacial de recepción caracteriza cómo el conjunto de antenas de la estación base recibe señales desde la unidad distante particular en un canal convencional particular. En una forma de realización, es un vector complejo que contiene respuestas (amplitud y fase con respecto a una referencia) de cada uno de los receptores de elementos de antena, esto es, para un conjunto matricial de  $m$  elementos,

$$20 \quad \mathbf{a}_{br} = [\mathbf{a}_{br}(1), \mathbf{a}_{br}(2), \dots, \mathbf{a}_{br}(m)]^T \quad (1)$$

en donde  $a_{br}(i)$  es la respuesta del  $i$ -ésimo receptor a una señal transmitida de potencia unitaria procedente del terminal distante. Suponiendo que se transmite una señal de banda estrecha  $s_r(t)$  desde el terminal distante, el receptor de la estación base proporciona, a la salida, en el tiempo  $t$  una respuesta que se expresa por la ecuación siguiente

$$25 \quad \mathbf{z}_b(t) = \mathbf{a}_{br} s_r(t - r) + \mathbf{n}_b(t) \quad (2)$$

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

La firma espacial de transmisión caracteriza cómo el terminal distante recibe señales desde cada uno de los elementos del conjunto matricial de antenas en la estación base en un canal convencional particular. En una forma de realización, es un vector complejo que contiene magnitudes relativas (amplitud y fase con respecto a una referencia) de cada una de las salidas del transmisor de elementos de antena que están contenidas en la salida del receptor del terminal distante, esto es, para un conjunto matricial de  $m$  elementos

$$35 \quad \mathbf{a}_{rb} = [\mathbf{a}_{rb}(1), \mathbf{a}_{rb}(2), \dots, \mathbf{a}_{rb}(m)] \quad (3)$$

40 en donde  $a_{rb}(i)$  es la amplitud y fase (con respecto a alguna referencia fija) de la salida del receptor del terminal distante para una señal de potencia unitaria transmitida desde el  $i$ -ésimo elemento en el conjunto matricial de antenas de la estación base. Suponiendo que un vector de señales complejas  $\mathbf{s}_b = [s_b(1), \dots, s_b(m)]^T$  se transmite desde el conjunto de antenas, la salida del receptor del terminal distante vendría dada por la expresión

$$45 \quad \mathbf{z}_r(t) = \mathbf{a}_{rb} \mathbf{s}_b(t - r) + \mathbf{n}_r(t) \quad (4)$$

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

55 En la descripción anterior, se supusieron receptores y transmisores temporalmente adaptados. Si existen diferencias en las respuestas temporales, estas últimas pueden ecualizarse utilizando técnicas de filtración temporal que son bien conocidas en este ámbito. Además, se supusieron anchuras de banda de canales pequeñas en comparación con la frecuencia central de funcionamiento. Los canales de gran anchura de banda pueden requerir más de un vector complejo para describir con exactitud las salidas como es bien conocido en esta técnica.

60 Cuando más de un terminal distante desea comunicarse al mismo tiempo, el medio de procesamiento de señales, en

la estación base, utiliza las firmas espaciales de los terminales distantes para determinar si subconjuntos de dichos terminales pueden comunicarse con la estación base simultáneamente con la utilización compartida de un canal convencional. En un sistema con  $m$  elementos de recepción y  $m$  elementos de antena de transmisión, hasta  $m$  terminales distantes pueden compartir el mismo canal convencional al mismo tiempo.

5 Cuando múltiples terminales distantes están compartiendo un canal de enlace ascendente convencional único, los múltiples elementos de antena en la estación base miden cada uno de ellos una combinación del ruido de las señales de enlace ascendente que llegan a dicha estación base. Estas combinaciones resultan de las posiciones relativas de los elementos de antena, de las posiciones de los terminales distantes y del entorno de propagación de RF. El medio de procesamiento de señales calcula pesos de demultiplexión 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.

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

20 En aplicaciones en donde la misma señal ha de transmitirse desde la estación base a un gran número (mayor que el número de elementos de antena) de terminales, el medio de procesamiento de señales calcula los pesos de ponderación adecuados para difundir la señal, que cubre el área necesaria para alcanzar la totalidad de los terminales distantes.

25 Por lo tanto, el medio de procesamiento de señales facilita la comunicación simultánea entre una estación base y múltiples terminales distantes en el mismo canal convencional. El canal convencional puede ser un canal de frecuencias, un intervalo temporal en un sistema multiplexado por división de tiempos, un código en un sistema multiplexado por división de código o cualquiera de sus combinaciones.

30 En una forma de realización, todos los elementos de un conjunto matricial de antenas único transmite y recibe señales de radiofrecuencias, mientras que, en otra forma de realización, el conjunto matricial de antenas incluye elementos de antena de transmisión y elementos de antena de recepción separados. El número de elementos de transmisión y de recepción no necesitan ser los mismos. Si no son los mismos, el número máximo de enlaces punto a punto que pueden establecerse simultáneamente en un canal convencional viene dado por el más pequeño de los dos números.

35 La invención y sus objetivos y características serán más fácilmente evidentes a partir de la siguiente descripción detallada haciendo referencia a los dibujos y reivindicaciones adjuntas.

#### 40 BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

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

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

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

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

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

La Figura 7 es un diagrama de bloques funcional de un terminal distante con un conmutador de transpondedores.

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

55 La Figura 9 es un diagrama esquemático de un sistema de red constituido por tres estaciones base y un controlador de estación base múltiple.

Lista de referencia numéricas

- 60
1. estación base
  2. enlace de comunicación de estación base
  - 65 3. controlador de estación base

- 4. señal recibida demodulada
- 5. señales de enlace ascendente espacialmente separadas
- 5 6. mediciones de señales recibidas
- 7. pesos de demultiplexión
- 8. datos a transmitirse directamente
- 10 9. señal modulada a multiplexarse para transmisión
- 10. señales moduladas, espacialmente multiplexadas, a transmitirse
- 15 11. señales de calidad a transmitirse
- 12. pesos de multiplexión
- 13. procesador espacial
- 20 14. transmisores multicanal
- 15. receptores multicanal
- 25 16a. receptor multicanal
- 16m. receptor multicanal
- 17a. transmisor multicanal
- 30 17m. transmisor multicanal
- 18a. antena transmisora
- 35 18m. antena transmisora
- 19a. antena receptora
- 19m. antena receptora
- 40 20. demultiplexor espacial
- 21. dispositivo sumador
- 45 22a. multiplicadores
- 22m. multiplicadores
- 23. multiplexor espacial
- 50 24. modulador de señales
- 25. demodulador de señales
- 55 26a. multiplicadores
- 26m. multiplicadores
- 27. datos de controles espaciales
- 60 28. datos de parámetros espaciales
- 29. oscilador de receptor común
- 65 30. datos de control de receptor

- 31. datos de control de transmisor
- 32. oscilador de transmisor común
- 5 33. controlador de procesador espacial
- 34. lista de terminales distantes activos
- 35. selector de canales
- 10 36. base de datos de terminales distantes
- 37. procesador de pesos de ponderación espaciales
- 15 38. procesador de firmas espaciales
- 39. terminal de terminal distante
- 40. duplexor de terminal distante
- 20 41. salida de duplexor de terminal distante
- 42. receptor de terminal distante
- 25 43. señal recibida de terminal distante
- 44. señal de calibración recibida de terminal distante
- 45. demodulador de terminal distante
- 30 46. datos de modulador de terminal distante
- 47. teclado y controlador de teclado de terminal distante
- 35 48. datos de teclado de terminal distante
- 49. datos de unidad de presentación de visual de terminal distante
- 50. unidad de presentación visual y su controlador de terminal distante
- 40 51. modulador de terminal distante
- 52. datos de terminales distantes a transmitirse
- 45 53. datos modulados de terminal distante a transmitirse
- 54. transmisor de terminal distante
- 55. salida de transmisor de terminal distante
- 50 56. datos de control de transmisor de terminal distante
- 57. datos de control de receptor de terminal distante
- 55 58. micrófono de terminal distante
- 59. señal microfónica de terminal distante
- 60. altavoz de terminal distante
- 60 61. señal de altavoz de terminal distante
- 62. unidad central de procesamiento de terminal distante
- 65 63. conmutador de transpondedores de terminal distante

- 64. control de conmutador de transpondedores terminal distante
- 65. red de área amplia
- 5 66. controlador de estación base múltiple
- 67a. límite de célula
- 67b. límite de célula
- 10 67c. límite de célula
- 68. enlace de mensaje de alta velocidad
- 15 69. terminal distante

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

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

25 Las radiotransmisiones entrantes o de enlace ascendente inciden sobre un conjunto matricial de antenas constituido por un número,  $m$ , de elementos de antena de recepción 19(a, ..., m), con cada una de dichas salidas conectada a uno de  $m$  receptores multicanal en un banco de receptores multicanal coherentes en fase 15. Los receptores multicanal 15 tienen respuestas de amplitud y fase bien adaptadas a través de las bandas de frecuencias de interés, como es bien conocido en esta técnica, con la puesta en práctica de un filtro de corrección para constatar  
30 cualesquiera diferencias.

La forma de realización ilustrativa describe un sistema de acceso múltiple por división de frecuencias convencional. Cada receptor multicanal es capaz de gestionar múltiples canales de frecuencias. El símbolo  $N_{cc}$  se utilizará para hacer referencia al número máximo de canales de frecuencias convencionales que pueden gestionarse por los  
35 receptores. Dependiendo de las frecuencias asignadas para el funcionamiento del sistema de comunicaciones inalámbricas y los anchos de banda seleccionados para los enlaces de comunicaciones particulares,  $N_{cc}$  podría ser tan pequeño como uno (un canal de frecuencia único) o tan grande como miles. En formas de realización alternativas, los receptores multicanal 15 podrían, en cambio, gestionar múltiples intervalos temporales, múltiples códigos o alguna de sus combinaciones de estas técnicas de acceso múltiple bien conocidas en este ámbito.

40 En cada canal convencional, cada uno de los elementos de antena de recepción 19(a, ..., m) mide una combinación de las señales de enlace ascendente que llegan procedentes de los terminales distantes que comparten este canal convencional. Estas combinaciones son resultado de las posiciones relativas de los elementos de antena, de las posiciones de los terminales distantes y del entorno de propagación de RF y para señales de banda estrecha se expresan por la ecuación (2).  
45

La Figura 2 ilustra receptores multicanal individuales 16(a, ..., m) con conexiones de elementos de antena, osciladores de receptores locales comunes 29, uno para cada canal de frecuencia convencional a utilizarse en esa  
50 estación base y las edificaciones de señales recibidas 6. Los osciladores de receptores locales comunes 29 garantizan que las señales procedentes de elementos de antena de recepción 19(a, ..., m) sean coherentemente convertidos en sentido descendente a la banda base: sus  $N_{cc}$  frecuencias se establecen de modo que los receptores multicanal 16(a, ..., m) extraigan todos los  $N_{cc}$  canales de frecuencia de interés. Las frecuencias de los osciladores de receptores locales comunes 29 se controlan por intermedio de un procesador espacial 13 (Figura 1) mediante datos de controles de receptores 30. En una forma de realización alternativa, en donde múltiples canales de frecuencias  
55 están todos ellos contenidos en una banda de frecuencias contigua, se utiliza un oscilador local común para la conversión en sentido descendente de la banda completa que luego se digitaliza y unos filtros digitales y los denominados decimadores extraen el subconjunto deseado de canales utilizando técnicas bien conocidas en este ámbito operativo.

60 La forma de realización ilustrativa describe un sistema de acceso múltiple por división de frecuencias. En un sistema de acceso por división de código o de acceso múltiple por división de tiempo, serían aumentados los osciladores comunes 29 para retransmitir señales de código común o de intervalo temporal común, respectivamente, desde el procesador espacial 13, por intermedio de los datos de controles de receptores 30 a receptores multicanal 16(a, ..., m). En estas formas de realización, los receptores multicanal 16(a, ..., m) realizan la selección de canales de  
65 división de tiempo convencionales o canales de división de códigos convencionales además de la conversión en sentido descendente a la banda base.

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

La Figura 6 ilustra un diagrama de bloques más detallado de un procesador espacial 13. El procesador espacial 13 proporciona y mantiene firmas espaciales para cada terminal distante para cada canal de frecuencia convencional y calcula los pesos de multiplexión y demultiplexión espaciales para uso por los demultiplexores espaciales 20 y demultiplexores espaciales 23. En la forma de realización preferida, el procesador espacial 13 se pone en práctica utilizando una unidad central de procesamiento convencional. Las mediciones de señales recibidas 6 entran en un procesador de firmas espaciales 38 que estima y actualiza las firmas espaciales. Las firmas espaciales se memorizan en una lista de firmas espaciales en una base de datos de terminales distantes 36 y se utilizan por el selector de canales 35 y el procesador de pesos de ponderación espaciales 37, que proporciona también pesos de demultiplexión 7 y pesos de multiplexión 12. Un controlador de procesador espacial 33 se conecta al procesador de pesos de ponderación espaciales 37 y también proporciona datos de control de receptores 30, datos de controles de transmisores 31 y datos de controles espaciales 27.

Haciendo referencia de nuevo a la Figura 1, demultiplexores espaciales 20 combinan las mediciones de señales recibidas 6 en función de pesos de ponderación de demultiplexión espaciales 7. La Figura 3 ilustra un demultiplexor espacial 20 para un canal convencional único. En esta forma de realización, se realizan operaciones aritméticas en un demultiplexor espacial 20 utilizando los circuitos integrales aritméticos de uso general. En la Figura 3,  $z_b(i)$  indica el  $i$ -ésimo componente de vector de medición de señal recibido 6 para un canal convencional único y  $w_{rx}^*(i)$  indica el conjugado complejo del  $i$ -ésimo componente del vector de pesos de ponderación de demultiplexión espacial 7 para un terminal distante que utiliza este canal convencional.

Para cada terminal distante en cada canal convencional, el demultiplexor espacial 20 calcula el producto interior de los pesos de demultiplexión espacial 7 para el canal convencional con las mediciones de señales recibidas 6.

$$w_{rx}^* z_b = w_{rx}^*(1) z_b(1) + \dots + w_{rx}^*(m) z_b(m) \quad (5)$$

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

Haciendo referencia de nuevo a la Figura 1, las salidas de demultiplexores espaciales 20 son señales de enlace ascendente espacialmente separadas 5 para cada terminal distante que se comunica con la estación base. Las señales de enlace ascendente espacialmente separadas 5 se demodulan por los demoduladores de señales 25, proporcionando señales recibidas demoduladas 4 para cada terminal distante en comunicación con la estación base. Las señales recibidas demoduladas 4 y los datos de controles espaciales correspondientes 27 están disponibles para el controlador de estación base 3.

En formas de realización en donde se realiza la codificación de canal de las señales enviadas por terminales distantes, el controlador de estación base 3 envía las señales recibidas demoduladas 4 al procesador espacial 13 que, utilizando técnicas de decodificación bien conocidas, estima los valores de las tasas binarias de errores (BERs) y las compara con respecto a los umbrales aceptables memorizados en la base de datos de terminal distante 36. Si las tasas binarias de errores BERs son inadmisibles, el procesador espacial 13 reasigna recursos con el fin de hacer menos importante el problema. En una forma de realización, enlaces con tasas BERs inadmisibles se asignan a nuevos canales utilizando la misma estrategia como la empleada para la adición de un nuevo usuario con la excepción de que el canal actual no es aceptable a no ser que cambie el conjunto actual de usuarios de ese canal particular. Además, la recalibración de la firma de recepción para ese par de terminal distante/estación base se realiza cuando está disponible ese canal convencional.

Para la transmisión, moduladores de señales 24 generan señales moduladas 9 para cada terminal distante que está en transmisión con la estación base y un conjunto de pesos de multiplexión espacial 12 para cada terminal distante se aplican a las respectivas señales moduladas en multiplexores espaciales 23 para proporcionar señales espacialmente multiplexadas a transmitirse 10 para cada una de las  $m$  antenas soras 18(a, ..., m) y cada uno de los  $N_{cc}$  canales convencional.

En la forma de realización ilustrativa, el número  $N_{cc}$  de canales convencionales de enlace descendente es el mismo que el número  $N_{cc}$  de canales convencionales de enlace ascendente. En otras formas de realización, pueden existir diferentes números de canales convencionales de enlace ascendente y de enlace descendente. Además, los canales pueden ser de diferentes tipos y anchos de banda como en el caso para una aplicación de televisión

interactiva en donde el enlace descendente está constituido por canales de vídeo de banda alta y el enlace ascendente utiliza canales de audio/datos de banda estrecha.

5 Además, la forma de realización ilustrativa ilustra que se utiliza el mismo número de elementos de antena,  $m$  para la transmisión y para la recepción. En otra forma de realización, el número de elementos de antena de transmisión y el número de elementos de antena de recepción pueden ser distintos, incluyendo el caso en donde en la transmisión se utiliza solamente un elemento de antena transmisora en un sentido omnidireccional tal como en una aplicación de televisión interactiva.

10 La Figura 4 ilustra el multiplexor espacial para un terminal distante en un canal convencional particular. Las operaciones aritméticas en un multiplexor espacial 23 se realizan utilizando circuitos integrados aritméticos de uso general. El componente de las señales moduladas 9, destinado para este terminal distante en este canal convencional se indica por  $s_b$  y  $w_{tx}(i)$  indica el  $i$ -ésimo componente del vector de pesos de ponderación del multiplexor espacial 12 para este terminal distante en este canal convencional.

15 Para cada terminal distante en cada canal convencional, el multiplexor espacial 23 calcula el producto de su vector de pesos de multiplexión espacial (a partir de los pesos de multiplexión espacial 12) con su señal modulada  $s_b$  (procedente de las señales moduladas 9):

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

20 en donde  $(\cdot)^*$  indica el conjugado completo (transposición) y la multiplicación se realiza por los multiplicadores 26(a, ..., m). Para cada canal convencional, la ecuación (6) se evalúa por el multiplexor espacial 23 para cada terminal distante que esté transmitiendo a través de este canal convencional. En correspondencia con cada terminal distante está un vector de pesos de multiplexión y la señal modulada. Para cada canal convencional, el multiplexor espacial 23 añade las señales espacialmente multiplexadas para cada terminal distante que está en transmisión a través de este canal convencional, generando señales moduladas y espacialmente multiplexadas 10 que son las señales a transmitirse para cada canal de enlace descendente convencional desde cada antena.

30 Las señales moduladas y espacialmente multiplexadas 10 son objeto de entrada a un banco de  $m$  transmisores multicanal coherentes en fase 14. Los transmisores multicanal tienen respuestas de amplitud y fase bien adaptadas a través de las bandas de frecuencias de interés o, como es bien conocido en este ámbito operativo, filtros de corrección se ponen en práctica para constatar cualesquiera diferencias. La Figura 5 ilustra transmisores multicanal 17(a, ..., m) con conexiones de antenas, osciladores de transmisores locales 32 y entradas digitales 10. Los osciladores de transmisores locales comunes 32 aseguran que las fases relativas de señales espacialmente multiplexadas 10 se preserven durante la transmisión por las antenas transmisoras 18(a, ..., m). Las frecuencias de los osciladores transmisores locales comunes 32 se controlan por el procesador espacial 13 (véase Figura 1) por intermedio de los datos de controles de transmisores 31.

40 En una forma de realización alternativa, el multiplexor espacial 23 utiliza técnicas de multiplexión de banda base bien conocidas para multiplexar todas las señales de canales convencionales calculadas para transmitirse en una señal de banda amplia única para una conversión ascendente y transmitirse por cada uno de los transmisores multicanal 17(a, ..., m). La multiplexión puede realizarse digitalmente o de forma analógica según sea adecuado.

45 La forma de realización ilustrativa representa un sistema con múltiples canales de frecuencia. En un sistema de acceso múltiple por división de tiempo o en un sistema de acceso múltiple por división de código, osciladores comunes 32 aumentarían para retransmitir señales de intervalo temporal común o señales de código común, respectivamente, desde el procesador espacial 13, por intermedio de datos de controles de transmisores 31, a transmisores multicanal 17(a, ..., m).

50 Haciendo referencia de nuevo a la Figura 1, en aplicaciones en donde 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 canal de enlace descendente convencional particular. El procesador espacial 13 da instrucciones a transmisores multicanal 17(a, ..., m) por intermedio de los datos de controles de transmisores 31, para transmitir señales de calibración predeterminadas 11 en lugar de señales espacialmente multiplexadas 10 para un canal de enlace descendente convencional particular. Se trata de un mecanismo utilizado para determinar las firmas espaciales de transmisión de los terminales distantes en este canal de enlace descendente convencional.

60 En formas de realización alternativas, en donde se utilizan técnicas de codificación de canales bien conocidas para codificar las señales a transmitirse a terminales distantes, los terminales distantes utilizan técnicas de decodificación

bien conocidas para estimar las tasas binarias de errores BERs que luego se retransmiten a la estación base en su canal de enlace ascendente. Si estas tasas binarias de errores BERs superan límites aceptables, se toma la acción correctora correspondiente. En una forma de realización, la acción correctora implica la reasignación de recursos utilizando la misma estrategia que en la adición de un nuevo usuario con la excepción de que el canal actual no es aceptable a no ser que se cambie el conjunto actual de usuarios de ese canal particular. Además, una recalibración de la signatura de transmisión para ese par de terminal distante/estación base se realiza cuando ese canal convencional está disponible.

La Figura 7 ilustra la disposición de componentes en un terminal distante que proporciona la comunicación vocal. La antena del terminal distante 39 está conectada un duplexor 40 para permitir la utilización de la antena 39 para la transmisión y la recepción a la vez. En una forma de realización alternativa, antenas receptoras y transmisoras separadas se utilizan con lo que se elimina la necesidad de un duplexor 40. En otras formas de realización alternativas, en donde la recepción y la transmisión tienen lugar en el mismo canal de frecuencias, pero en diferentes tiempos, un conmutador de transmisión/recepción (TR) se utiliza en lugar de un duplexor como es bien conocido en este ámbito operativo. La salida del duplexor 41 sirve como entrada para un receptor 42. El receptor 42 genera una señal de conversión ascendente 43 que es la entrada para un demodulador 45. Una señal vocal recibida demodulada 61 se introduce como entrada a un altavoz 60.

Los datos de controles recibidos demodulados 46 se suministran a una unidad central de procesamiento de terminal distante 62 (CPU). Los datos de controles recibidos demodulados 46 se utilizan para la recepción de datos procedentes de la estación base 1 durante la etapa de establecimiento y terminación de llamadas y en una forma de realización alternativa, para determinar la calidad (BER) de las señales que se reciben por el terminal distante para su retransmisión a la estación base según se describió con anterioridad.

La unidad CPU del terminal distante 62 se pone en práctica con un microprocesador estándar. La unidad CPU del terminal distante 62 proporciona también datos de controles de receptores 57 para seleccionar el canal de recepción del terminal distante, datos de controles de transmisores 56 para establecer el canal de transmisión del terminal distante y el nivel de potencia así como datos de control a transmitirse 52 y datos de presentación visual 49 para la unidad de presentación visual del terminal distante 50. La unidad CPU del terminal distante 62 recibe también datos procedentes del teclado 48 desde el teclado del terminal distante 47.

La señal de voz del terminal distante a transmitirse 59 desde el micrófono 58 se introduce a la entrada de un modulador 51. Los datos de control a transmitirse 52 se suministran a la unidad CPU del terminal distante 62. Los datos de control a transmitirse 52 se utilizan para transmitir datos a la estación base 1 durante las fases de establecimiento y terminación de llamadas así como para transmitir información durante la llamada tal como medidas de la calidad de la llamada (p.e., tasas binarias de errores (BERs)). La señal modulada a transmitirse 53, procedente del modulador 51 es objeto de conversión ascendente y de amplificación por un transmisor 54, que genera una señal de salida de transmisor 55. La salida de transmisor 55 se introduce luego al duplexor 40 para la transmisión por la antena 39.

En una forma de realización alternativa, el terminal distante proporciona la comunicación de datos digitales. La señal vocal recibida demodulada 61, el altavoz 60, el micrófono 58 y la señal de voz a transmitirse 59 se sustituyen por interfaces digitales bien conocidas en esta técnica que permiten la transmisión de datos a y desde un dispositivo de procesamiento de datos externo (a modo de ejemplo, un ordenador).

Haciendo referencia de nuevo a la Figura 7, el terminal distante permite la retransmisión de los datos recibidos 43 a la estación base 1 por intermedio del conmutador 63 controlado por la unidad CPU del terminal distante 62 por intermedio de la señal de control de conmutación 64. En funcionamiento normal, el conmutador 63 activa el transmisor 54 con la señal modulada 53 del modulador 51. Cuando el terminal distante recibe instrucciones por la estación base 1 para introducir el modo de calibración, la unidad CPU del terminal distante 62 realiza la conmutación de la señal de control 64, que proporciona instrucciones al conmutador 63 para activar el transmisor 54 con los datos recibidos 43.

La Figura 8 ilustra una forma de realización alternativa de la función de calibración del terminal distante. El conmutador 63 de la Figura 7 ya no se utiliza a este respecto. En su lugar, la salida del receptor 42 se suministra a la unidad CPU del terminal distante 62 mediante la conexión de datos 44. En condiciones normales de funcionamiento, la unidad CPU del terminal distante 62 ignora la conexión de datos 44. En el modo de calibración, la unidad CPU del terminal distante 62 utiliza la conexión de datos 44 para calcular la signatura espacial de transmisión del terminal distante, que se retransmite a la estación base 1 por intermedio del modulador 51 y el transmisor 54 como datos de control a transmitirse 52.

En una forma de realización alternativa, no se requieren los procedimientos de calibración especial en el terminal distante. En numerosas normas de protocolo para comunicaciones inalámbricas convencionales, los terminales distantes informan periódicamente sobre la intensidad de la señal recibida o la calidad de la señal recibida que se retransmite a la estación base. En esta forma de realización, los informes de las intensidades de las señales recibidas son suficientes para calcular la signatura espacial de transmisión del terminal distante, según se describe a

continuación.

#### Descripción operativa de la invención

##### 5 Principios generales – Estación base

En numerosos aspectos, la estación base espectralmente eficiente, ilustrada en la Figura 1, se comporta de forma muy similar a una estación base de sistema de comunicación inalámbrica estándar. La distinción primaria es que la estación base espectralmente eficiente soporta muchas más conversaciones simultáneas que tienen los canales de comunicaciones convencionales. Los canales de comunicaciones convencionales pueden ser canales de frecuencias, canales de tiempos, canales de códigos o cualquiera de sus combinaciones. El multiplexor/demultiplexor espacial aumenta la capacidad del sistema permitiendo múltiples canales espaciales en cada uno de estos canales convencionales. Además, combinando las señales procedentes de múltiples antenas receptoras, el demultiplexor espacial 20 proporciona señales de enlace ascendente espacialmente separadas 5 que tienen mejores relaciones de señal a ruido, una interferencia reducida y mejor calidad en entornos de múltiples rutas en comparación con una estación base estándar.

En la forma de realización ilustrativa, un sistema de comunicaciones inalámbricas constituido por múltiples terminales distantes y estaciones base que incorporan conjuntos matriciales de antenas y un procesamiento de señal espacial se describe a este respecto. Dichos sistemas tienen aplicación, a modo de ejemplo, en proporcionar un acceso inalámbrico a la red PSTN local. Las transferencias de información (o llamadas) se inician por un terminal distante o por un enlace de comunicaciones 2 por intermedio del controlador de estación base 3. La inicialización de llamada tiene lugar en un canal de control de enlace descendente y de enlace ascendente como es bien conocido en esta técnica. En la presente forma de realización, el canal de control de enlace descendente se transmite utilizando antenas de transmisión 18(a, ..., m). En una forma de realización operativa, el canal de control de enlace descendente es objeto de difusión desde una antena omnidireccional única. El controlador de estación base 3 deja pasar la identificación del terminal distante a intervenir en la llamada al procesador espacial 13 que utiliza las firmas espaciales memorizadas de ese terminal distante para determinar qué canal de comunicaciones convencional debe utilizarse el terminal distante. El canal seleccionado puede ocuparse ya por varios terminales distantes; sin embargo, el procesador espacial 13 utiliza las firmas espaciales de la totalidad de los terminales distantes en ese canal para determinar que pueden compartir el canal sin interferencia. En un sistema con  $m$  elementos de antenas de recepción y  $m$  elementos de antena de transmisión, hasta  $m$  terminales distantes pueden compartir el mismo canal convencional. Más en general, el número de enlaces de comunicaciones de dúplex completo, punto a punto, que pueden ocupar el mismo canal convencional al mismo tiempo, viene dado por el más pequeño de entre el número de elementos de recepción y el número de elementos de transmisión.

El procesador espacial 13 utiliza los pesos de multiplexión y demultiplexión espaciales calculados para el canal seleccionado y el terminal distante en cuestión para configurar el multiplexor espacial 23 y el demultiplexor espacial 20. A continuación, el procesador espacial 13 informa al controlador 3 del canal seleccionado. Como en el caso de una estación base convencional, el controlador 3 controla luego el terminal distante (por intermedio del canal de control de enlace descendente) para la conmutación al canal seleccionado para comunicaciones continuadas. En el caso de que el terminal distante tenga capacidad de control de potencia, como es bien conocido en esta técnica, el controlador 3 controla también al terminal distante para ajustar su potencia a un nivel adecuado sobre la base de los parámetros tales como los niveles de potencias de los otros terminales distantes que comparten el mismo canal convencional y la calidad de señal requerida para cada enlace según se describe a continuación. En la terminación de las comunicaciones, el terminal distante vuelve a su estado inoperativo en donde supervisa el canal de control de enlace descendente a la espera de la llamada siguiente. Esta disposición libera a ese "canal espacial" para otro terminal distante.

##### 50 Procesamiento espacial – estación base

La Figura 6 ilustra un diagrama de bloques de un procesador espacial 13. Se controla por el controlador de procesador espacial 33, que establece una interfaz para el controlador de estación base 3 por intermedio del enlace 27. El controlador de procesador espacial 33 controla los ajustes de la ganancia y de la frecuencia de los transmisores multicanal 14 y de los receptores multicanal 15 por intermedio de las líneas de control 31 y 30.

El procesador espacial 13 mantiene una lista de terminales distantes activos 34 que registra los terminales distantes que están actualmente utilizando cada canal de comunicación convencional así como sus niveles de potencia de transmisión actuales. Otros parámetros de los terminales distantes tales como los formatos de modulación actualmente utilizados, los niveles de ruido de receptores en canales de frecuencias actuales y los requisitos de calidad de la señal actuales se memorizan también a este respecto. El procesador espacial 13 mantiene también una lista de firmas espaciales en la base de datos de terminales distantes 36, que en formas de realización alternativas incluye niveles de control de potencia de terminales distantes, canales de frecuencias convencionales permitidos para la recepción y la transmisión y una lista de los formatos de modulación constatados.

65 La lista de firmas espaciales en la base de datos de terminales distantes 36 contiene una firma espacial de transmisión,  $a_{rb}$  y una firma espacial de recepción  $a_{br}$ , para cada frecuencia de operación para cada terminal

distante. En otra forma de realización, se memorizan también las estimaciones de la calidad (p.e., estimación de las covarianzas de errores) de las firmas espaciales. Como se indicó con anterioridad, la firma espacial de transmisión  $a_{rb}$ , para un terminal distante particular y un canal de frecuencia particular se define como el vector de amplitudes de señales complejas relativas que se constatarían a la llegada en ese terminal distante particular como resultado de la presencia de señales de banda estrecha de potencia unitaria idénticas (misma amplitud y fase), a esa frecuencia particular, que se transmiten por intermedio de transmisores multicanal 14 y antenas transmisoras 18(a, ..., m). La firma espacial de transmisión incluye los efectos de entorno de propagación entre cada estación base y el terminal distante así como cualquier dirección ficticia en amplitud y fase en los transmisores multicanal 14, cables de antenas y antenas de transmisión 18(a, ..., m). La firma espacial de recepción  $a_{br}$  para un terminal distante particular y un canal de frecuencia particular, se define como el vector de amplitudes de señales complejas que se medirían en las salidas del receptor multicanal 16 dadas en una señal de banda estrecha de potencia unitaria única que se transmite por ese terminal distante particular, a esa frecuencia particular.

Cuando el controlador de estación base 1 reenvía una demanda de inicialización de llamada para un terminal distante particular por intermedio del enlace 27, un selector de canales 35 busca en la lista de terminales distantes activos 34 para encontrar un canal de comunicación convencional que pueda admitir al terminal distante. En la forma de realización preferida, existe una lista de terminales distantes activos de recepción y una listas de terminales distantes activos de transmisión que se utilizan por el selector de canales 35 en la formación de una matriz de firmas espaciales de multiplexión y de demultiplexión para cada canal convencional. Para cada canal convencional, las columnas de la demultiplexión y las filas de la multiplexión de matrices de firmas espaciales son las firmas espaciales de recepción y transmisión memorizadas de cada uno de los terminales distantes actualmente activos (en uso) en ese canal más una columna adicional que contiene la firma espacial adecuada del terminal distante que demanda un canal de comunicación.

La matriz de firmas espaciales de multiplexión para cada canal,  $A_{rb,p}$  (en donde  $p$  indica el número de canal convencional), se forma utilizando las firmas espaciales de transmisión según se ilustra en la ecuación (7):

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

en donde  $\mathbf{a}_{rb,p}^i$  es la firma espacial de transmisión para el  $i$ -ésimo terminal distante que se asigna al canal  $p$  y  $n_p$  es el número total de terminales distantes en el canal convencional  $p$ .

La matriz de firmas espaciales de demultiplexión  $A_{br,p}$  se forma utilizando las firmas espaciales de recepción según se indica en la ecuación (8):

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

en donde  $\mathbf{a}_{br,p}^i$  es la firma espacial de recepción para el  $i$ -ésimo terminal distante asignado al canal  $p$ .

El selector de canales 35 calcula las funciones de estas matrices de firmas para evaluar si la comunicación entre la estación base y el nuevo terminal distante puede realizarse satisfactoriamente, o no, por intermedio del canal convencional seleccionado. En la forma de realización preferida, el selector de canales 35 calcula primero los pesos de multiplexión y demultiplexión espaciales para ese terminal distante y luego, utiliza dichos pesos de ponderación para estimar el rendimiento del enlace.

En la forma de realización ilustrativa, los pesos de multiplexión espaciales son las filas de una matriz  $W_{ix}$  dada en la ecuación (9):

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

en donde  $(\cdot)^{-1}$  es la inversa de una matriz,  $(\cdot)^*$  es la transposición conjugada compleja de una matriz,  $A_{rb}$  es la matriz de firmas espaciales de multiplexión  $A_{rb,p}$ , asociada con el canal convencional pertinente y  $S_b$  es una matriz (diagonal) que contiene las amplitudes de las señales a transmitirse. Las amplitudes a transmitirse  $S_b$  se calculan en la forma de realización preferida utilizando la matriz (diagonal) de tensiones de ruido cuadráticas medias ( $N$ ) del receptor del terminal distante y la matriz diagonal de las calidades de señales deseadas mínimas ( $SNR_{des}$ ) según viene dada en la ecuación (10):

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

5 Ahora, el selector de canales 35 calcula la tensión media cuadrática (potencia)  $\overline{P}_b$  a transmitirse desde cada elemento como la suma de cuadrados de los elementos en cada fila de  $W_{tx}$ , esto es

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

10 y la tensión (potencia) cuadrada máxima  $P_b^{peak}$  a transmitirse desde cada elemento como el cuadrado de la suma de la magnitud de los elementos en cada fila de  $W_{tx}$ , esto es

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

15 en donde  $\mathbf{I}$  es una matriz de todos 'uno' de tamaño adecuado y  $abs(\cdot)$  es el valor absoluto a nivel de elementos. El selector de canales 35 compara estos valores con respecto a los límites para cada uno de los transmisores para cada uno de los elementos. Si cualquiera de los valores medios o máximos supera los límites aceptables, el terminal distante en cuestión no se asigna al canal candidato. De cualquier otro modo, la capacidad para la recepción satisfactoria desde el terminal distante es objeto de comprobación. En una forma de realización alternativa, los límites de transmisores se utilizan como demandas de desigualdad en un algoritmo de optimización para calcular los pesos de ponderación de transmisión que cumplen las especificaciones dadas y que dan lugar también a la cantidad mínima de potencia transmitida posible. Si los pesos de ponderación de transmisión que satisfagan dichas demandas no pueden encontrarse, el terminal distante en cuestión no es asignado al canal candidato. Dichos algoritmos de optimización son bien conocidos en esta técnica.

25 Para probar el enlace ascendente, el selector de canales 35 calcula los pesos de demultiplexión espaciales  $W_{rx}$  utilizando  $A_{br}$ , la matriz de signaturas espaciales de demultiplexión  $A_{br,p}$  asociada con el canal convencional pertinente, según viene dado para la forma de realización preferida en la ecuación (13):

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

30 en donde  $P_r$  es una matriz (diagonal) de amplitudes (potencias) cuadráticas medias transmitidas por los terminales distantes y  $R_{nn}$  es la covarianza de ruidos de receptores de la estación base. A continuación, el valor previsto de la covarianza de errores cuadráticos medios normalizada se calcula en una forma de realización como sigue:

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

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

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

45 Si la totalidad de los elementos diagonales de  $\overline{SINR}$  superan los umbrales deseados sobre la base de la calidad de la señal requerida a recibirse desde cada terminal distante, al terminal distante se le permite el acceso al canal. Si el terminal distante candidato está por debajo de su umbral y tiene la capacidad para aumentar su potencia de salida, se realizan de nuevo los mismos cálculos para aumentar la salida de potencia del terminal distante hasta que se alcance la potencia de salida máxima para ese terminal distante y el valor de  $\overline{SINR}$  es todavía insuficiente, otro terminal distante  $\overline{SINR}$  cae por debajo de su umbral, en cuyo caso, se aumenta su potencia si es posible o se superan todos los umbrales. Si puede encontrarse potencias de transmisión de terminales distantes aceptables, al terminal distante se le concede acceso a este canal convencional particular y en cualquier otro caso, se deniega el acceso y se comprueba otro canal convencional.

55 En una forma de realización alternativa, el cálculo de los pesos de demultiplexión se realiza utilizando procedimientos de optimización bien conocidos con el objetivo de reducir al mínimo las potencias de transmisión de terminales distantes sujetas a señales estimadas en la estación base que cumplen o superan sus relaciones  $SINR$

deseadas mínimas.

Además, en una forma de realización alternativa, en el caso de que no pueda encontrarse ningún canal convencional para admitir el terminal distante, el selector de canales 35 calcula si alguna redistribución de los terminales distantes existentes entre los canales convencionales permitiría al terminal distante su soporte en algún canal convencional. En este caso, al terminal distante solamente se le denegaría la comunicación, en este momento, si ninguna disposición de los usuarios existentes permite la admisión del terminal distante.

En una forma de realización alternativa que utiliza la duplexión por división de frecuencias (FDD) a los terminales distantes no les está restringida su asignación de un par de canales convencionales fijos para la transmisión y la recepción. Una arquitectura de sistemas suficientemente flexible se utiliza en donde el selector de canales 35 puede decidir asignar un terminal distante particular para transmitir y recibir canales convencionales separados por diferentes compensaciones dúplex de frecuencia diferentes con el fin de reducir al mínimo los niveles de interferencia del sistema global.

Los pesos de multiplexión y demultiplexión espaciales para terminales distantes, que utilizan ya un canal convencional, deben recalcularse puesto que la adición de un nuevo terminal distante, a ese canal convencional, puede cambiarles en una magnitud importante. En la forma de realización preferida, el selector de canales 35, que ha realizado ya los cálculos necesarios, envía los nuevos pesos de multiplexión y demultiplexión espaciales al procesador de pesos espaciales 37 para su uso en el establecimiento de multiplexor espacial 23 y del demultiplexor espacial 20. En una forma de realización alternativa, el procesador de pesos espaciales 37 utiliza las matrices de firmas espaciales que se le envían por el selector de canales 35 para calcular diferentes conjuntos de pesos de multiplexión y de demultiplexión espaciales para la totalidad de los terminales distantes en ese canal convencional.

A continuación, el procesador de pesos espaciales 37 envía los nuevos de demultiplexión espaciales a los demultiplexores espaciales 20 y los nuevos de multiplexión espaciales a los multiplexores espaciales 23 para este canal convencional, actualiza la lista de terminales distantes activos 34 e informa al controlador de procesador espacial 33 que informa, a su vez, al controlador de estaciones base 3 del canal seleccionado. A continuación, el controlador de estaciones base 3 transmite un mensaje al terminal distante utilizando el canal de control de enlace descendente que da instrucciones al terminal distante para la conmutación al canal convencional deseado.

Puede constatarse a partir de la ecuación (9) que las matrices de pesos de multiplexión  $W_{tx}$  tienen la propiedad:

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

Esto significa que en el  $i$ -ésimo terminal distante, la señal prevista para enviarse a ese terminal se recibe con una amplitud suficiente (real positiva)  $S_b(i, i)$ . El hecho de que  $S_b$  tenga elementos diagonales nulos significa que en el  $i$ -ésimo terminal distante, ninguna de las demás señales, que se transmiten, se reciben por ese terminal distante. A este respecto, cada terminal distante, recibe solamente las señales previstas para dicho terminal en los niveles de potencia necesarios para garantizar comunicaciones adecuadas. En formas de realización alternativas, las incertidumbres en las estimaciones de  $A_{rb}$  se incorporan en el establecimiento de los niveles de potencia de transmisión de la estación base y en el cálculo de los pesos de ponderación de modo que se reduzca al mínimo el efecto de errores y/o cambios en  $A_{rb}$ .

De forma similar, en la estación base, las matrices de pesos de demultiplexión particulares, dadas en la ecuación (13), tienen la propiedad de que condicionadas al conocimiento de las firmas espaciales de recepción y las tensiones (potencias) transmitidas desde los terminales distantes, las señales estimadas  $S$  dadas por:

$$S = W_{rx}^* Z_b \quad (17)$$

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

Las ecuaciones (9) y (13) representan solamente una manera de calcular los pesos de multiplexión y de demultiplexión espaciales. Estas son otras estrategias similares que demuestran las propiedades similares a las ilustradas en la ecuación (16) y descritas en el apartado anterior. Otras técnicas bien conocidas para calcular las matrices de pesos de ponderación  $W_{tx}$  y  $W_{rx}$  representan la incertidumbre de las matrices de firmas espaciales  $A_{rb}$  y  $A_{br}$  para canales convencionales de anchos de banda amplios y pueden incorporar limitaciones de potencia compleja y margen dinámico.

Determinación de las firmas espaciales

Según se ilustra en la Figura 6, el procesador espacial 13 contiene también un procesador de firmas espaciales 38 para encontrar las firmas espaciales de los terminales distantes. En la forma de realización ilustrativa, el

procesador de firmas espaciales 38 utiliza las técnicas de calibración descritas en la solicitud de patente de Estados Unidos co-pendiente número 08/234,747.

5 En la forma de realización ilustrativa, cada terminal distante es capaz de introducir un modo de calibración en donde la señal recibida por el terminal distante 43 se retransmite a la estación base 1. Haciendo referencia a la Figura 7, esta función se proporciona por el conmutador 63 bajo el control de la CPU del terminal distante 62 por intermedio de la señal de control de conmutación 64.

10 Para determinar las firmas espaciales de transmisión y de recepción de un terminal distante, el procesador de firmas espaciales 38 controla el terminal distante para introducir el modo de calibración transmitiéndole una orden en el canal de enlace descendente. Esta orden de control se genera por el controlador de estación base 3, sobre la base de una demanda desde un controlador de procesador espacial 33 y modulada por los moduladores de señales 24. El procesador de firmas espaciales 38 transmite luego señales de calibración predeterminadas 11, por intermedio del canal convencional ocupado por el terminal distante, proporcionando instrucciones a los transmisores multicanal 17(a, ..., m) por intermedio de datos de controles de transmisores 31 y el controlador de procesadores espaciales 33. En la presente forma de realización, las  $m$  señales (para cada antena) entre las  
15 señales de calidad predeterminadas 11 son diferentes señales sinusoidales complejas de frecuencias. En otra forma de realización, las señales de calibración predeterminadas 11 son cualesquiera señales distintas conocidas.

20 El terminal distante ilustrado en la Figura 7, retransmite la señal recibida en el terminal distante. Esta señal objeto de transposición se recibe por los receptores multicanal 15 en la estación base 1 ilustrada en la Figura 1 y se suministran al procesador de firmas espaciales 38 ilustrado en la Figura 6. En una forma de realización descrita en la solicitud de patente 08/234,747, el procesador de firmas espaciales 38 calcula las firmas espaciales de recepción y de transmisión del terminal distante a partir de las mediciones de señales recibidas 6 y de las señales de calibración predeterminadas 11 como se describe a continuación. Muestras temporales de los datos recibidos se memorizan en una matriz de datos  $Z$  del tipo  $m$  por  $n$ , que en la ausencia de ruido y de compensaciones de  
25 parámetros viene dada por

$$\mathbf{Z} = k \mathbf{a}_{br} \mathbf{a}_{rb} \mathbf{S} \quad (18)$$

30 en donde  $S$  es la matriz de tipo  $m$  por  $n$  de señales de calibración predeterminadas y  $k$  es una magnitud conocida por la que se amplifica la señal en el terminal distante antes de la retransmisión a la estación base. La firma espacial de recepción es proporcional al vector singular ( $u_1$ ) correspondiente al mayor valor singular ( $\sigma_{max}$ ) de la matriz de datos  $Z$ . La transmisión de una señal de potencia unitaria desde el terminal distante y recibida por la estación base en el elemento de antena 1 proporciona el escalamiento necesario  $g_{br}$  para la firma espacial  
35 recibida

$$\mathbf{a}_{br} = g_{br} \mathbf{u}_1 / \mathbf{u}_1(1) \quad (19)$$

40 en donde  $u_1(1)$  es el primer elemento de  $u_1$ . Una vez que se conoce  $a_{br}$ , se calcula  $a_{rb}$  por la expresión

$$\mathbf{a}_{rb} = k^{-1} (g_{br} \mathbf{u}_1 / \mathbf{u}_1(1))^\dagger \mathbf{Z} \mathbf{S}^\dagger \quad (20)$$

45 en donde  $B^\dagger$  es la pseudo-inversa de Moore-Penrose bien conocida de la matriz  $B$  que satisface la relación  $BB^\dagger = I$  (la matriz de identidad) para las matrices de rango completo  $B$  que tienen más columnas que filas.  $B^\dagger B = I$  para las matrices de rango completo  $B$  que tienen más filas que columnas. En formas de realización alternativas, también descritas en la solución co-pendiente 08/234,747, se utilizan técnicas bien conocidas para cuantificar el sonido presente en el sistema y las variaciones de los parámetros tales como compensaciones de frecuencias de osciladores.

50 El procesador de firmas espaciales 38 memoriza las nuevas firmas espaciales en la base de datos de terminales distantes 36. A la conclusión, el procesador de firmas espaciales 38 controla el terminal distante para salir del modo de calibración transmitiéndole una orden a través del canal de enlace descendente.

55 En una forma de realización alternativa, el cálculo de las firmas espaciales de transmisión de terminales distantes puede realizarse directamente por los terminales distantes. Esta forma de realización del terminal distante se ilustra en la Figura 8. En el modo de calibración, el procesador de firmas espaciales 38 transmite señales de calibración predeterminadas 11, a través del canal convencional objeto de calibración por los terminales distantes, como en la forma anteriormente descrita. La unidad CPU del terminal distante 62 utiliza las señales de calibración recibidas 44 y las formas de onda transmitidas conocidas para calcular la firma espacial de transmisión del terminal distante utilizando las mismas técnicas empleadas por el procesador de firmas espaciales 38 en la  
60 forma de realización anterior. La firma espacial de transmisión del ordenador se retransmite a la estación base 1 por intermedio del modulador 51 y al transmisor 54 como datos de control a transmitirse 52. Cuando se reciben por la estación base 1, el procesador de firmas espaciales 38 memoriza la nueva firma espacial de transmisión

en la base de datos de terminales distantes 36. Puesto que cada terminal distante realiza el cálculo de firmas espaciales de forma independiente, esta disposición permite a múltiples terminales distantes calcular su propia firma espacial de transmisión simultáneamente en el mismo canal convencional. En esta forma de realización, se calculan firmas espaciales de recepción de terminales distantes por el procesador de firmas espaciales 38 en la misma manera que en la forma de realización anterior.

Utilizando estas técnicas, el procesador de firmas espaciales 38 puede medir las firmas espaciales de transmisión y de recepción de un terminal distante para un canal particular en cualquier momento en que el canal esté en el modo inoperativo. La eficiencia de estas técnicas de calibración permiten al procesador de firmas espaciales 38 actualizar las firmas espaciales de numerosos terminales distantes para un canal particular mientras ocupa ese canal durante solamente un breve periodo de tiempo.

Muchas otras técnicas para obtener firmas espaciales de terminales distantes están también disponibles. En algunos entornos de RF, pueden determinar firmas espaciales para terminales utilizando técnicas bien conocidas que dependen del conocimiento de la disposición geométrica de las  $m$  antenas de recepción 19(a, ..., m) y sus modelos de directividad individuales (ganancia y fase de elementos, con respecto a una referencia, como una función del ángulo de llegada) y la dirección desde la estación base al terminal distante. Además, pueden utilizarse técnicas tales como ESPRIT (solicitudes de patentes de Estados Unidos 4,750,147 y 4,965,732) para estimar las direcciones en aplicaciones en donde no son conocidas a priori.

De forma similar, como es bien conocido, el conocimiento de cualesquiera parámetros de formato de modulación predeterminados de las señales subyacentes que se transmiten por los terminales distantes (a modo de ejemplo, conocimiento de algunas frecuencias de composición o preámbulos o conocimiento de que las señales son de módulo constante) pueden utilizarse también para determinar las firmas espaciales de recepción para terminales distantes. Otra realización, a modo de ejemplo, es la correspondiente a las técnicas de realimentación operativa dirigidas por decisiones también bien conocidas en esta técnica, en donde los datos de recepción se demodulan y luego, se remodulan para proporcionar una estimación de la señal modulada original. Estas técnicas permiten la estimación de las firmas espaciales de recepción aun cuando múltiples terminales distantes estén ocupando un canal convencional único.

En algunos entornos de RF, las firmas espaciales de transmisión para terminales distantes pueden calcularse de forma explícita, como es bien conocido, utilizando el conocimiento de las posiciones de terminales distantes y las posiciones y modelos de directividad de las antenas transmisoras de la estación base. Lo que antecede no requiere ninguna capacidad especial por parte del terminal distante.

Si el terminal distante tiene la capacidad para medir e informar de la intensidad de la señal que se está recibiendo, el sistema puede utilizar esta información para derivar firmas espaciales de transmisión, aunque en una manera menos eficiente que en la forma de realización ilustrada en la Figura 7, en donde el terminal distante tiene plenas capacidades de transpondedores, o en la forma de realización ilustrada en la Figura 8, en donde el terminal distante calcula directamente su firma espacial de transmisión. La firma espacial de transmisión se determina sobre la base exclusivamente de los informes de potencia de señales recibidos desde el terminal distante como se indica a continuación. En primer lugar, el procesador de firmas espaciales 38 transmite señales de potencia unitaria idénticas desde dos de los  $m$  elementos de antena en un instante determinado. El procesador de firmas espaciales 38 cambia luego la amplitud y la fase de una de las dos señales hasta que el terminal distante informe que no está recibiendo ninguna señal. El conjunto de pesos de ponderación complejos para los elementos de antena 2 a  $m$  inclusive, requeridos para anular una señal de potencia unitaria procedente del elemento 1, se cambian de signo y se invierten para proporcionar la firma espacial de transmisión para el terminal distante.

En otra forma de realización, el sistema puede diseñarse para actualizar continuamente las firmas espaciales de los terminales distantes en un modo de "bucle cerrado". Esta operación se realiza para cuantificar la variación temporal de las firmas espaciales debido a, a modo de ejemplo, el movimiento del terminal distante o cambios en las condiciones de propagación de las radiofrecuencias RF. Para realizar lo que antecede, la estación base y el terminal distante transmiten periódicamente secuencias de composición predeterminadas. A cada terminal distante actualmente activo, en un canal particular, se asigna una secuencia de composición predeterminada diferente y se le proporciona la secuencia de composición para cada todos los demás terminales distantes actualmente activos en ese canal particular. En una forma de realización, las diferentes secuencias de composición son ortogonales en el sentido de que el producto interior de cualesquiera dos de las formas de onda de secuencias de composición es cero. Cada vez que se transmiten las secuencias de composición, cada terminal distante calcula la magnitud de cada secuencia de composición que ha recibido utilizando técnicas bien conocidas y transmite esta información a la estación base.

En la forma de realización ilustrativa, la estación base utiliza las salidas de receptores y el conocimiento de las formas de onda transmitidas para calcular las firmas espaciales de recepción del terminal distante. En otra forma de realización, la estación base calcula la magnitud de cada secuencia de composición transmitida a distancia que se recibió en cada salida del demultiplexor espacial, expresada como un vector complejo de coeficientes de acoplamiento. El conocimiento de estos coeficientes de acoplamiento permite que se corrijan las firmas

espaciales de recepción y de transmisión actualmente activas con el fin de reducir la interferencia mutua utilizando técnicas bien conocidas.

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

#### Procesamiento espacial de niveles de red

15 En la forma de realización aquí ilustrada, el procesador espacial para cada estación base en el sistema de comunicaciones inalámbricas del tipo celular, funciona con independencia para hacer máximo el número de canales de comunicaciones en la célula inmediata. Sin embargo, pueden realizarse importantes mejoras de la capacidad del sistema si el procesador espacial, de cada estación base, se comunica y coordina sus esfuerzos con los procesadores espaciales de otras células cercanas. Una forma de realización específica se ilustra en la Figura 9.

20 Un controlador de estación base múltiple 66 actúa como la interfaz entre la red de área amplia 65 a través del enlace 68 y las estaciones base 1 (a, b, c) por intermedio de los enlaces de comunicaciones de estación base 2 (a, b, c). Cada estación base es responsable de proporcionar cobertura para varios terminales distantes. En una forma de realización, se asigna cada terminal distante a solamente una estación base con lo que se definen los límites celulares 67 (a, b, c) dentro de los que todas las estaciones distantes conectadas a una estación base particular están situadas. Los usuarios provistos de terminales distantes 69 son identificados por una letra "R" en un recuadro en la figura.

30 Cada procesador espacial contenido en estaciones base 1 (a, b, c) mide y memoriza las firmas espaciales de los terminales distantes en su célula y también de los terminales distantes en las células adyacentes. La determinación de las firmas espaciales de los terminales distantes en células adyacentes se coordina por el controlador de estaciones base 66 múltiple por intermedio de enlaces de comunicaciones de estación base 2 (a, b, c). Por intermedio de los enlaces de comunicaciones de estaciones base 2 (a, b, c) y del controlador de estaciones base múltiples 66, los procesadores espaciales en las estaciones base 1 (a, b, c) de células adyacentes se informan entre sí de qué terminales distantes están en comunicación con qué canales convencionales. Cada procesador espacial incluye las firmas espaciales de terminales distantes que están actualmente activos en células adyacentes para formar matrices de firmas espaciales de transmisión y de recepción extendidas  $A_{rb}$  y  $A_{br}$  que se envían a todas las estaciones base adyacentes. Los selectores de canales en cada estación base, que utilizan estas matrices de firmas espaciales extendidas, asignan conjuntamente terminales distantes a cada canal convencional en cada una de las estaciones base 1 (a, b, c).

40 Las matrices de pesos de ponderación resultantes  $W_{tx}$  y  $W_{rx}$  para cada estación base se calculan luego utilizando las matrices de firmas espaciales extendidas  $A_{rb}$  y  $A_{br}$ . Al calcular dichos pesos, el objetivo consiste en reducir al mínimo la señal transmitida a, y recibida desde, los terminales distantes activos de la célula adyacente, con lo que se permite la comunicación simultánea de muchos más terminales distantes.

45 En una forma de realización alternativa, el controlador de estaciones base múltiple 66 asigna terminales distantes que demandan acceso a estaciones base de forma dinámica utilizando una lista de terminales distantes activos/estaciones base/enlaces de canales convencionales, las bases de datos de terminales distantes asociadas y los requisitos particulares para el enlace que se va a asignar. Además, los terminales distantes pueden utilizar múltiples antenas transmisoras y receptoras (direccionales) para facilitar los enlaces directivos a múltiples estaciones base cercanas según las instrucciones dadas por el controlador de estaciones base múltiple 66 para aumentar todavía más la capacidad del sistema.

#### Ventajas operativas

55 El aparato y el método según la presente invención proporcionan una ventaja importante con respecto a la técnica anterior por cuanto que permiten que numerosos terminales distantes compartan simultáneamente el mismo canal de comunicaciones convencional. En particular, para un sistema con  $m$  elementos de antena de recepción y  $m$  elementos de antena de transmisión, hasta  $m$  terminales distantes pueden compartir un canal de comunicaciones convencional único. Además, las señales recibidas desde, y las señales transmitidas a, los terminales distantes han mejorado, en gran medida, la relación de señal a ruido, reducido la interferencia y mejorada la calidad en entornos de rutas múltiples en comparación con una estación base estándar.

65 De este modo, un sistema de comunicaciones inalámbricas puede soportar muchas veces más conversaciones o tener un rendimiento de transmisión de datos mucho mayor, con la misma magnitud de espectro. Como alternativa, un sistema de comunicaciones inalámbricas puede soportar el mismo número de conversaciones o salidas de datos

con el mismo rendimiento y con mucho menor uso de espectro.

Formas de realización alternativas

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

10 En otra forma de realización alternativa, las señales en el canal de control de enlace ascendente pueden procesarse en tiempo real utilizando el procesamiento espacial descrito en la solicitud de patente co-pendiente 07/806,695. Lo que antecede permitiría a múltiples terminales distantes demandar un canal de comunicaciones al mismo tiempo.  
 En otra forma de realización, para aplicaciones que implican transferencia de datos de ráfagas cortas o paquetes de datos, no se requiere ningún canal de control de enlace ascendente separado y el sistema puede proporcionar demandas de comunicación y otras funciones de control durante los intervalos temporales de control pero están interpuestos con intervalos de comunicación.

15 Como se describió con anterioridad, numerosas técnicas son conocidas para medir las firmas espaciales de las unidades de radio de terminales distantes y para utilizar estas firmas espaciales para calcular los pesos de ponderación de multiplexión y de demultiplexión que permitirán múltiples conversaciones simultáneas y/o transmisiones de datos a través del mismo canal de comunicaciones convencional.

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

25 En otro aspecto de la idea inventiva se da a conocer un sistema inalámbrico en una estación base para recibir señales de enlace ascendente transmitidas desde una pluralidad de terminales distantes utilizando un canal de enlace ascendente convencional común que comprende: un medio de recepción que incluye una pluralidad de elementos de antena y receptores para proporcionar mediciones de combinaciones de dichas señales de enlace ascendente, un medio de procesamiento espacial de recepción para determinar y memorizar firmas espaciales de recepción para dicha pluralidad de terminales distantes utilizando dichas mediciones y un medio de demultiplexión espacial que utiliza dichas firmas espaciales de recepción y dichas mediciones para proporcionar señales de enlace ascendente separadas, con lo que dichas señales de enlace ascendente, procedentes de dicha pluralidad de terminales distantes, pueden recibirse de forma independiente mientras se comunica simultáneamente en dicho canal de enlace ascendente convencional común.

30 En una forma de realización preferida, el medio de procesamiento espacial de recepción comprende una lista de firmas espaciales de recepción que comprende una firma espacial de recepción para cada uno de dichos terminales distantes y dicho canal de enlace ascendente convencional común, un medio de determinación de firmas espaciales de recepción para determinar dichas firmas espaciales de recepción, un selector de canales de recepción que utiliza dichas firmas espaciales de recepción para determinar si dicho canal de enlace ascendente convencional común puede compartirse además por un terminal distante adicional y un procesador de pesos espaciales de recepción para calcular los pesos de demultiplexión parcial para dicha pluralidad de terminales distantes, siendo dichos pesos de demultiplexión espacial utilizados por dicho medio de demultiplexión espacial para proporcionar dichas señales de enlace ascendente separadas.

35 En otra forma de realización preferida, el procesador de pesos espaciales de recepción determina dichos pesos de demultiplexión espacial como las columnas de la matriz  $W_{ri}$  como sigue:

$$W_{rI} = (A_{br}P_rA_{br}^* + R_{nn})^{-1}A_{br}P_{rI}$$

40 en donde (\*) indica la transposición conjugada compleja de una matriz,  $R_{nn}$  es una matriz de covarianza de ruido de receptores de la estación base,  $P_r$  es una matriz diagonal de potencias de transmisión de terminales distantes y  $A_{br}$  es una matriz de firmas espaciales de demultiplexión cuyas columnas son dichas firmas espaciales de recepción para dicha pluralidad de terminales distantes y dicho canal de enlace ascendente convencional común.

45 En una forma de realización preferida, el canal de enlace ascendente convencional común es uno de entre una pluralidad de canales de enlace ascendente convencionales y en donde dicho medio de procesamiento espacial de recepción comprende: una lista de terminales distantes activos en recepción de terminales distantes asignados a cada uno de dichos canales de enlace ascendente convencionales, una lista de firmas espaciales en recepción que comprende una firma espacial de recepción para cada uno de dichos terminales distantes y cada uno de dichos canales de enlace ascendente convencionales, un medio de determinación de firmas espaciales en

recepción para determinar dichas firmas espaciales de recepción, un selector de canales en recepción que utiliza dicha lista de terminales distantes activos en recepción y dicha lista de firmas espaciales en recepción para determinar las asignaciones de dichos terminales distantes a dichos canales de enlace ascendente convencionales y un procesador de pesos espaciales en recepción para calcular los pesos de demultiplexión espacial para cada uno de dichos terminales distantes asignados a cada uno de dichos canales de enlace ascendente convencionales siendo dichos pesos de demultiplexión espacial utilizados por dicho medio de demultiplexión espacial para proporcionar dichas señales de enlace ascendente separadas.

En una forma de realización preferida, la estación base es una de entre una pluralidad de estaciones base y dicho selector de canales en cada una de dichas estaciones base comprende, además: un medio de comunicación para comunicarse con dicho selector de canales en cada una de dichas estaciones base y un medio selector de canales conjunto para determinar conjuntamente las asignaciones de dichos terminales distantes a dichos canales de enlace ascendente convencionales y dichas estaciones base, de modo que dichas señales de enlace ascendente desde un número máximo de dichos terminales distantes puedan recibirse con independencia por al menos una de dichas estaciones base mientras se realiza una comunicación simultánea en dichos canales de enlace ascendente convencionales comunes.

En otra forma de realización preferida, el sistema inalámbrico incluye, además, un medio de transmisión que comprende un transmisor y una antena omnidireccional para enviar señales de enlace descendente desde dicha estación base a dicha pluralidad de terminales distantes.

En una forma de realización preferida, el medio de demultiplexión espacial calcula los pesos de demultiplexión espacial para dicho canal de enlace ascendente convencional común como las columnas de una matriz  $W_{rI}$  como sigue:

$$W_{rI} = (A_{br}P_rA_{br}^* + R_{nn})^{-1}A_{br}P_r.$$

en donde  $(\cdot)^*$  indica la transposición conjugada compleja de una matriz,  $(\cdot)^{-1}$  indica la inversa de una matriz,  $R_{nn}$  es una matriz de covarianza de ruido de receptores de estación base,  $P_r$  es una matriz diagonal de potencias de transmisión de terminales distantes y  $A_{br}$  es una matriz de firmas espaciales de demultiplexión cuyas columnas son dichas firmas espaciales de recepción para dicha pluralidad de terminales distantes y dicho canal de enlace ascendente convencional común, utilizando dicho medio de demultiplexión espacial dichos pesos de demultiplexión espacial para proporcionar dichas señales de enlace ascendente separadas.

En otra forma de realización preferida, el medio de procesamiento espacial en recepción determina dichas firmas espaciales de recepción utilizando las señales objeto de transposición desde transpondedores co-situados con cada uno de dicha pluralidad de terminales distantes.

En una forma de realización preferida, el medio de procesamiento espacial en recepción determina dichas firmas espaciales de recepción utilizando el conocimiento de posiciones y directividad de dichos elementos de antena y las direcciones de llegada de dichas señales de enlace ascendente desde dicha pluralidad de terminales distantes.

En otra forma de realización preferida, el medio de procesamiento espacial en recepción determina dichas firmas espaciales de recepción utilizando el conocimiento de posiciones y de directividad de dichos elementos de antena y el conocimiento de posiciones de dicha pluralidad de terminales distantes.

En otra forma de realización preferida, el medio de procesamiento espacial en recepción determina dichas firmas espaciales de recepción utilizando parámetros de formato de modulación predeterminados de dichas señales de enlace ascendente desde dicha pluralidad de terminales distantes.

En una forma de realización preferida, el sistema comprende, además: un medio de transmisión que incluye una pluralidad de elementos de antena de transmisión y transmisores para transmitir las señales de enlace descendente multiplexadas a dicha pluralidad de terminales distantes utilizando un canal de enlace descendente convencional común, un medio de procesamiento espacial de transmisión para determinar y memorizar las firmas espaciales de transmisión para dicha pluralidad de terminales distantes y un medio de multiplexión espacial que utiliza dichas firmas espaciales de transmisión y las señales de enlace descendente para proporcionar dichas señales de enlace descendente multiplexadas, de tal modo que dicha estación base pueda transmitir dichas señales de enlace descendente a dicha pluralidad de terminales distantes con independencia y de forma simultánea en dicho canal de enlace descendente convencional común.

En una forma de realización preferida, el medio de recepción y dicho medio de transmisión comparten elementos de antena comunes utilizando duplexores.

En una forma de realización preferida, el medio de recepción y dicho medio de transmisión comparten elementos de

antena comunes utilizando conmutadores de transmisión/recepción.

En una forma de realización preferida, el canal de enlace ascendente convencional común es uno de entre una pluralidad de canales de enlace ascendente convencionales, siendo dicho canal de enlace descendente convencional común uno de entre una pluralidad de canales de enlace descendente convencionales y en donde dicho medio de procesamiento espacial en recepción y dicho medio de procesamiento espacial en transmisión comprende: una lista de terminales distantes activos de terminales distantes asignados a cada uno de dichos canales de enlace ascendente convencionales y cada uno de dichos canales de enlace descendente convencionales, una lista de firmas espaciales que comprende una firma espacial de recepción para cada uno de dichos terminales distantes y cada uno de dichos canales de enlace ascendente convencionales y una firma espacial de transmisión para cada uno de dichos terminales distantes y cada uno de dichos canales de enlace descendente convencionales, un medio de determinación de firmas espaciales en recepción para determinar dichas firmas espaciales de recepción, un medio de determinación de firmas espaciales de transmisión para determinar dichas firmas espaciales de transmisión, un selector de canales que utiliza dicha lista de terminales distantes activos y dicha lista de firmas espaciales en recepción y dicha lista de firmas espaciales en transmisión para determinar las asignaciones de dichos terminales distantes a dichos canales de enlace ascendente convencionales y dichos canales de enlace descendente convencionales, un procesador de pesos espaciales en recepción para calcular los pesos de demultiplexión espacial para cada uno de dichos terminales distantes asignados a cada uno de dichos canales de enlace ascendente convencionales, siendo dichos pesos de demultiplexión espacial utilizados por dicho medio de demultiplexión espacial para proporcionar dichas señales de enlace ascendente separadas y un procesador de pesos espaciales en transmisión para calcular los pesos de multiplexión espacial para cada uno de dichos terminales distantes asignados a cada uno de dichos canales de enlace descendente convencionales, siendo dichos pesos de multiplexión espacial utilizados por dicho medio de multiplexión espacial para proporcionar dichas señales de enlace descendente multiplexadas.

En una forma de realización preferida, la estación base es una de entre una pluralidad de estaciones base y dicho selector de canales en cada una de dichas estaciones base comprende además: un medio de comunicación para la comunicación con dicho selector de canales en cada una de dichas estaciones base y un medio de selector de canales conjunto para determinar conjuntamente las asignaciones para dichos terminales distantes para dichos canales de enlace ascendente convencionales y dichos canales de enlace descendente convencionales y dichas estaciones base, de modo que dichas señales de enlace ascendente procedentes de un número máximo de dichos terminales distantes puedan recibirse con independencia por al menos una de dichas estaciones base y dichas señales de enlace descendente puedan transmitirse independientemente a un número máximo de dichos terminales distantes por al menos una de dichas estaciones base, mientras que se realiza la comunicación simultánea en dichos canales de enlace ascendente convencionales comunes y dichos canales de enlace descendente convencionales comunes.

En una forma de realización preferida, el medio de multiplexión espacial determina los pesos de multiplexión espacial para dicho canal de enlace descendente convencional común como las filas de una matriz  $W_{tx}$  como sigue:

$$W_{tx} = S_b(A_{rb}A_{rb}^*)^{-1}A_{rb}$$

en donde  $(\cdot)^*$  indica la transposición conjugada compleja de una matriz,  $(\cdot)^{-1}$  indica la inversa de una matriz,  $S_b$  es una matriz diagonal de amplitudes de dichas señales de enlace descendente y  $A_{rb}$  es una matriz de firmas espaciales en multiplexión cuyas filas son dichas firmas espaciales de transmisión para dicha pluralidad de terminales distantes y dicho canal de enlace descendente convencional común y dicho medio de multiplexión espacial utiliza dichos pesos de multiplexión espacial para proporcionar dichas señales de enlace descendente multiplexadas.

En una forma de realización preferida, el medio de procesamiento espacial en transmisión determina dichas firmas espaciales de transmisión utilizando señales espaciales objeto de transposición desde transpondedores co-situados con dicha pluralidad de terminales distantes.

En otra forma de realización preferida, el medio de procesamiento espacial en transmisión determina dichas firmas espaciales de transmisión utilizando las señales objeto de transposición por dicha pluralidad de terminales distantes.

En una forma de realización preferida, las firmas espaciales de transmisión se determinan por dicha pluralidad de terminales distantes utilizando parámetros de formatos de modulación predeterminados de dichas señales de enlace descendente.

En otra forma de realización preferida, el medio de procesamiento espacial en transmisión determina dichas firmas espaciales de transmisión utilizando el conocimiento de las posiciones y la directividad de dichos elementos de antena de transmisión y las estimaciones de direcciones de llegada de dichas señales de enlace ascendente desde dicha pluralidad de terminales distantes.

En otra forma de realización preferida, las señales de enlace descendente y dichas señales de enlace ascendente se transmiten a la misma radiofrecuencia y dicho medio de procesamiento espacial en transmisión determina dichas  
5  
signaturas espaciales de transmisión calculándolas directamente a partir de dichas signaturas espaciales de recepción.

En una forma de realización preferida, el medio de procesamiento espacial en transmisión determina dichas  
10  
signaturas espaciales de transmisión utilizando el conocimiento de posiciones y de la directividad de dichos elementos de antena y el conocimiento de las posiciones de dicha pluralidad de terminales distantes.

En otro aspecto de la idea inventiva, se da a conocer un sistema inalámbrico en una estación base para la  
15  
transmisión a una pluralidad de terminales distantes utilizando un canal de enlace descendente convencional común que comprende: un medio de transmisión que incluye una pluralidad de elementos de antena de transmisión y transmisores para transmitir señales de enlace descendente multiplexadas a dicha pluralidad de terminales distantes, un medio de procesamiento espacial en transmisión para determinar y memorizar las signaturas espaciales de transmisión para dicha pluralidad de terminales distantes y un medio de multiplexión espacial que utiliza dichas signaturas espaciales de transmisión y dichas señales de enlace descendente para proporcionar dichas señales de enlace descendente multiplexadas, de modo que dicha estación base pueda transmitir dichas  
20  
señales de enlace descendente a dicha pluralidad de terminales distantes con independencia y de forma simultánea en un canal de enlace descendente convencional común.

En otra forma de realización preferida, el canal de enlace descendente convencional común es uno de entre una  
25  
pluralidad de canales de enlace descendente convencionales y en donde dicho medio de procesamiento espacial en transmisión comprende: una lista de terminales distantes activos en transmisión de terminales distantes asignados a cada uno de dichos canales de enlace descendente convencionales, una lista de signaturas espaciales de transmisión que comprende una signatura espacial de transmisión para cada uno de dichos terminales distantes y cada uno de dichos canales de enlace descendente convencionales, un medio de determinación de signaturas espaciales en transmisión para determinar dichas signaturas espaciales de transmisión, un selector de canales que utiliza dicha listas de terminales distantes activos en transmisión y dicha listas de signaturas espaciales en  
30  
transmisión para determinar las asignaciones de dichos terminales distantes a dichos canales de enlace descendente convencionales y un procesador de pesos espaciales en transmisión para calcular los pesos de multiplexión espacial para cada uno de dichos terminales distantes asignados a cada uno de dichos canales de enlace descendente convencionales siendo dichos pesos de multiplexión espacial utilizados por dicho medio de multiplexión espacial para proporcionar dichas señales de enlace descendente multiplexadas.

En una forma de realización preferida la estación base es una de entre una pluralidad de estaciones base y dicho selector de canales en transmisión en cada una de dichas estaciones base comprende además: un medio de comunicación para comunicarse con dicho selector de canales de transmisión en cada una de dichas estaciones base y un medio selector de canales conjunto para determinar conjuntamente las asignaciones de dichos terminales  
40  
distantes a dichos canales de enlace descendente convencionales y dichas estaciones base, de modo que dichas señales de enlace descendente puedan transmitirse con independencia a un número máximo de dichos terminales distantes por al menos una de dichas estaciones base, mientras se realiza la comunicación simultánea a través de dichos canales de enlace descendente convencionales comunes.

En otra forma de realización preferida, el medio de multiplexión espacial determina los pesos de multiplexión espacial para dicho canal de enlace descendente convencional común como las filas de una matriz  $W_{ix}$  como sigue:

$$W_{ix} = S_b(A_{rb}A_{rb}^*)^{-1}A_{rb}$$

50  
en donde  $(\cdot)^*$  indica la transposición conjuntada compleja de una matriz,  $(\cdot)^{-1}$  indica la inversa de una matriz,  $S_b$  es una matriz diagonal de amplitudes de dichas señales de enlace descendente y  $A_{rb}$  es una matriz de signaturas espaciales de multiplexión cuyas filas son dichas signaturas espaciales de transmisión para dicha pluralidad de terminales distantes y dicho canal de enlace descendente convencional común y dicho de multiplexión espacial utiliza dichos pesos de multiplexión espacial para proporcionar dichas señales de enlace descendente multiplexadas.

55  
En otra forma de realización preferida, el medio de procesamiento espacial en transmisión determina dichas signaturas espaciales de transmisión utilizando señales objeto de transposición procedentes de transpondedores co-situados con dicha pluralidad de terminales distantes.

60  
En una forma de realización preferida, el medio de procesamiento espacial en transmisión determina dichas signaturas espaciales de transmisión utilizando las señales objeto de transposición por dicha pluralidad de terminales distantes.

65  
En otra forma de realización preferida, las signaturas espaciales de transmisión se determinan por dicha pluralidad de terminales distantes utilizando parámetros de formatos de modulación predeterminados de dichas señales de

enlace descendente.

5 En otra forma de realización preferida, el medio de procesamiento espacial en transmisión determina dichas  
signaturas espaciales de transmisión utilizando el conocimiento de las posiciones y de la directividad de dichos  
elementos de antena y el conocimiento de posiciones de dicha pluralidad de terminales distantes.

10

**REIVINDICACIONES**

1. Un método para comunicaciones inalámbricas, cuyo método comprende:
- 5 recibir una pluralidad de señales, que incluye una primera señal, en una pluralidad de elementos de antena, estando cada señal asociada con un terminal distante diferente, con la primera señal asociada con un primer terminal distante;
- 10 determinar una signatura espacial correspondiente a cada una de la pluralidad de señales, indicando cada signatura espacial un vector de peso de ponderación para un terminal distante asociado;
- memorizar las signaturas espaciales que correspondan a la pluralidad de señales y de terminales distantes asociados; y
- 15 demultiplexar espacialmente las señales distintas a la primera señal utilizando las signaturas espaciales con el fin de obtener una estimación de la primera señal para el primer terminal distante.
2. El método según la reivindicación 1, en donde las signaturas espaciales comprenden pesos de procesamiento espaciales.
- 20 3. El método según la reivindicación 1, en donde dos o más de la pluralidad de señales comparten simultáneamente un canal convencional común.
4. El método según la reivindicación 1, en donde la memorización de las signaturas espaciales comprende crear una lista de signaturas espaciales.
- 25 5. El método según la reivindicación 1, en donde las señales son señales de enlace descendente o señales de enlace ascendente.
- 30 6. Un dispositivo de comunicación que comprende:
- una pluralidad de elementos de antena (19);
- 35 un receptor (15) utilizable para recibir una pluralidad de señales, que comprende una primera señal, en la pluralidad de elementos de antena (19), estando cada señal asociada con un terminal distante diferente, con la primera señal asociada con un primer terminal distante;
- 40 un procesador espacial (13) utilizable para determinar una signatura espacial correspondiente a cada una de la pluralidad de señales, indicando cada signatura espacial un vector de peso de ponderación para un terminal distante asociado;
- una memoria (36) adaptada para memorizar las signaturas espaciales que corresponden a la pluralidad de señales y de terminales distantes asociados; y
- 45 un demultiplexor espacial (20) utilizable para demultiplexar espacialmente las señales distintas a la primera señal utilizando las signaturas espaciales con el fin de obtener una estimación de la primera señal para el primer terminal distante.
- 50 7. El dispositivo de comunicación según la reivindicación 6, en donde las signaturas espaciales comprenden pesos de procesamiento espaciales.
8. El dispositivo de comunicación según la reivindicación 6, en donde dos o más de la pluralidad de señales comparten simultáneamente un canal convencional común.
- 55 9. El dispositivo de comunicación según la reivindicación 6, en donde la memoria (36), que está adaptada para memorizar las signaturas espaciales, comprende la memoria que se está adaptando para memorizar una lista de signaturas espaciales.
- 60 10. El dispositivo de comunicación según la reivindicación 6, en donde el dispositivo de comunicación es una estación base o un terminal distante.
11. El dispositivo de comunicación según la reivindicación 6, en donde las señales son señales de enlace descendente o señales de enlace ascendente.
- 65 12. Un método para comunicaciones inalámbricas, cuyo método comprende:

determinar un conjunto de firmas espaciales para una pluralidad de terminales distantes diferentes, indicando cada firma espacial un vector de peso de ponderación para un terminal distante asociado;

5 memorizar las firmas espaciales;

5 multiplexar espacialmente una pluralidad de señales utilizando las firmas espaciales para la transmisión a la pluralidad de terminales distantes asociados con las firmas espaciales; y

10 transmitir la pluralidad de señales espacialmente multiplexadas.

10 **13.** El método según la reivindicación 12, en donde las firmas espaciales comprenden pesos de procesamiento espaciales.

15 **14.** El método según la reivindicación 12, en donde dos o más de la pluralidad de señales comparten simultáneamente un canal convencional común.

**15.** El método según la reivindicación 12, en donde la memorización de las firmas espaciales comprende crear una lista de firmas espaciales.

20 **16.** El método según la reivindicación 12, en donde las señales son señales de enlace descendente o señales de enlace ascendente.

**17.** Un dispositivo de comunicación que comprende:

25 una pluralidad de elementos de antena (18);

un procesador espacial (13) utilizable para determinar un conjunto de firmas espaciales para una pluralidad de terminales distantes diferentes, indicando cada firma espacial un vector de peso de ponderación para un terminal distante asociado;

30 una memoria (36) adaptada para memorizar las firmas espaciales; y

35 un multiplexor espacial (20) utilizable para multiplexar espacialmente una pluralidad de señales utilizando las firmas espaciales para la transmisión a la pluralidad de terminales distantes asociados con las firmas espaciales; y

un transmisor (14) utilizable para transmitir la pluralidad de señales multiplexadas espacialmente.

40 **18.** El dispositivo de comunicación según la reivindicación 17, en donde las firmas espaciales comprenden pesos de procesamiento espaciales.

**19.** El dispositivo de comunicación según la reivindicación 17, en donde dos o más de la pluralidad de señales comparten simultáneamente un canal convencional común.

45 **20.** El dispositivo de comunicación según la reivindicación 17, en donde la memoria (36), que se está adaptando para memorizar las firmas espaciales, comprende una memoria que está adaptada para memorizar una lista de firmas espaciales.

50 **21.** El dispositivo de comunicación según la reivindicación 17, en donde el dispositivo de comunicación es una estación base o un terminal distante.

**22.** El dispositivo de comunicación según la reivindicación 17, en donde las señales son señales de enlace descendente o señales de enlace ascendente.

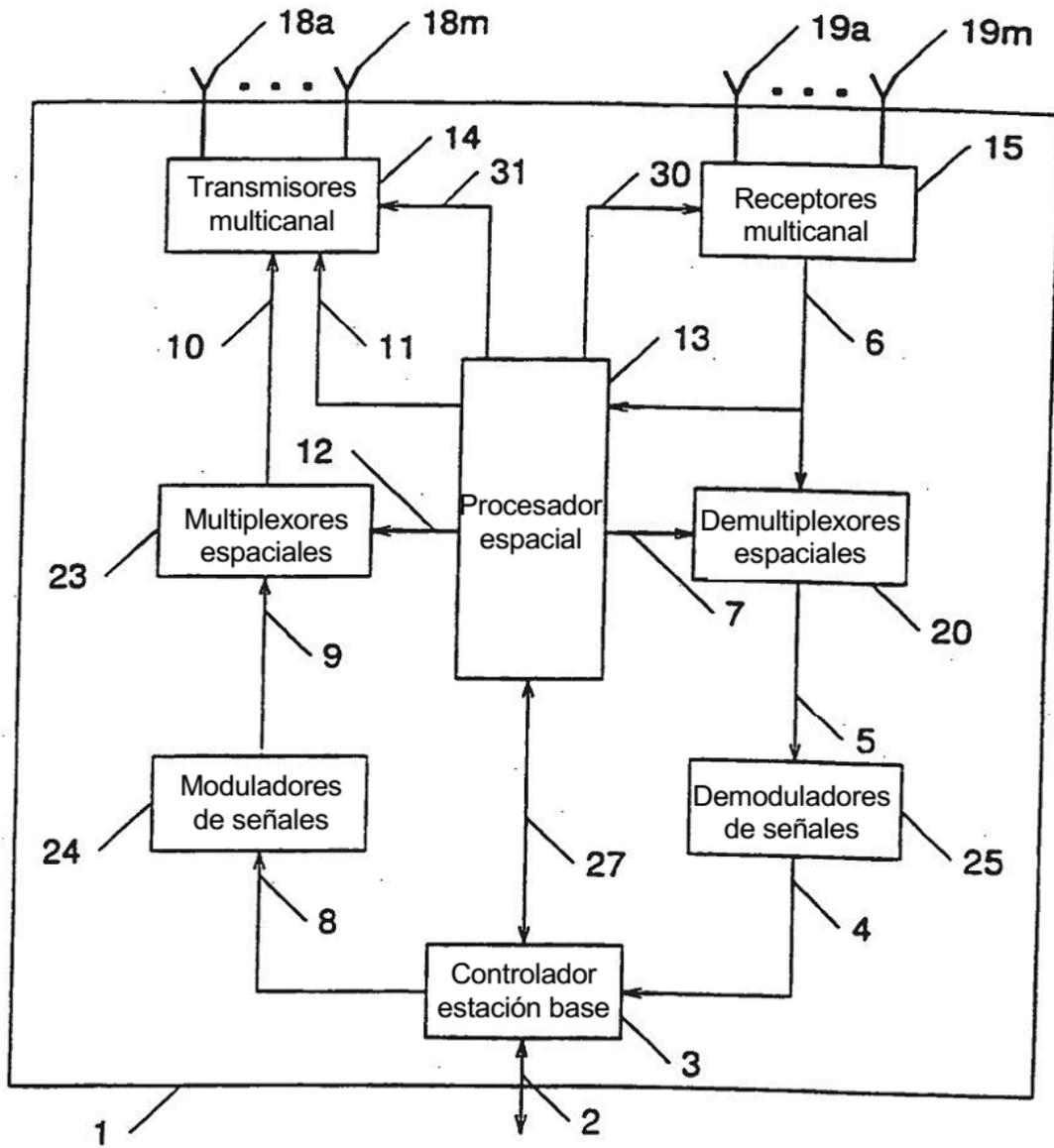


FIG. 1

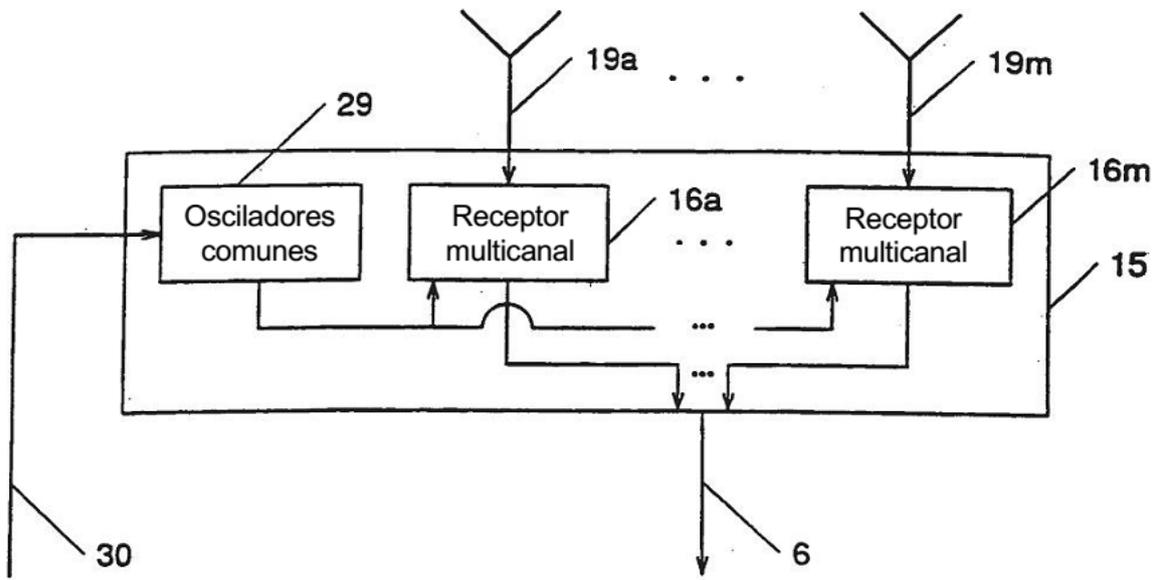


FIG. 2

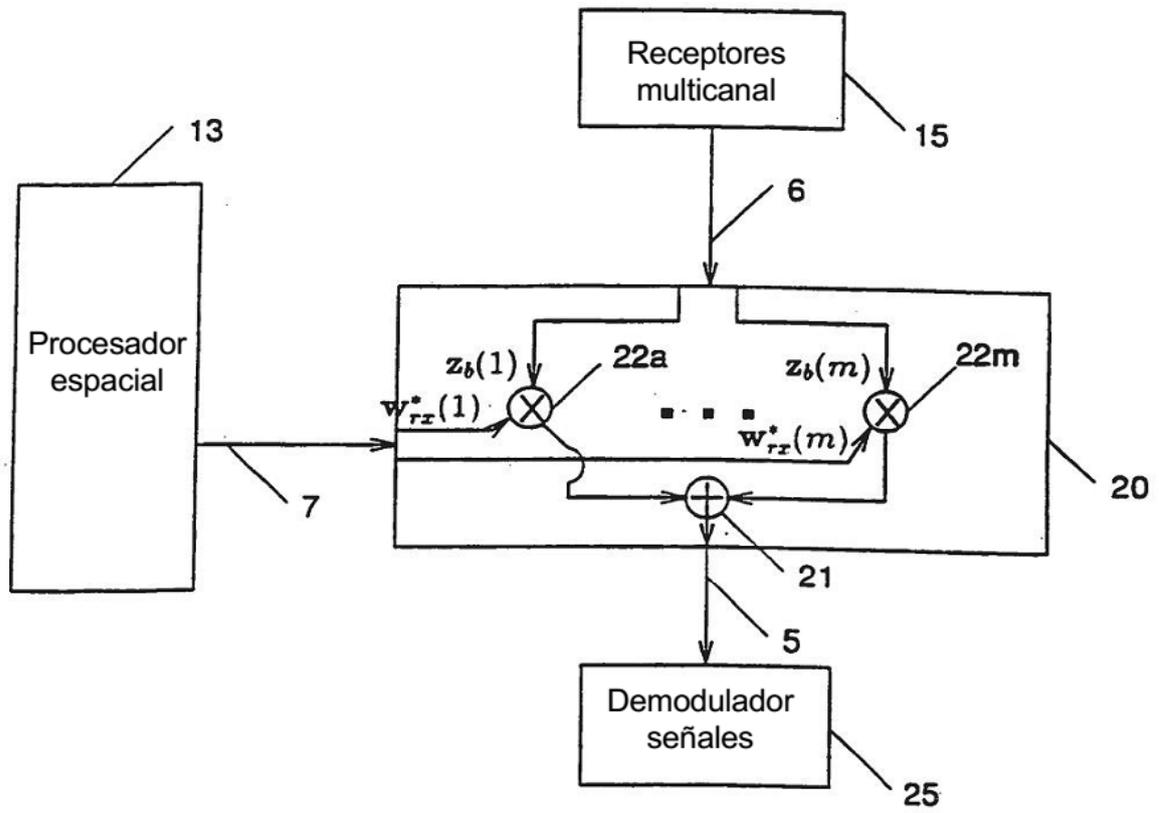


FIG. 3

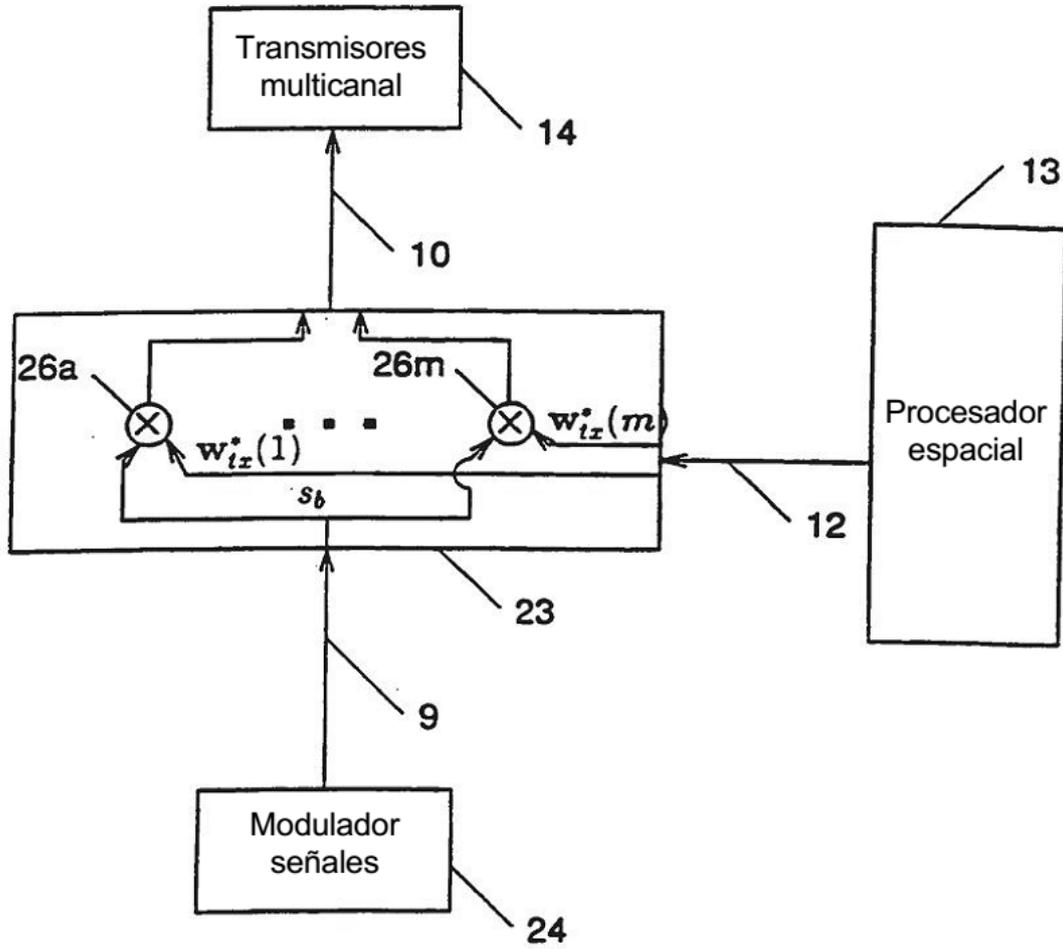


FIG. 4

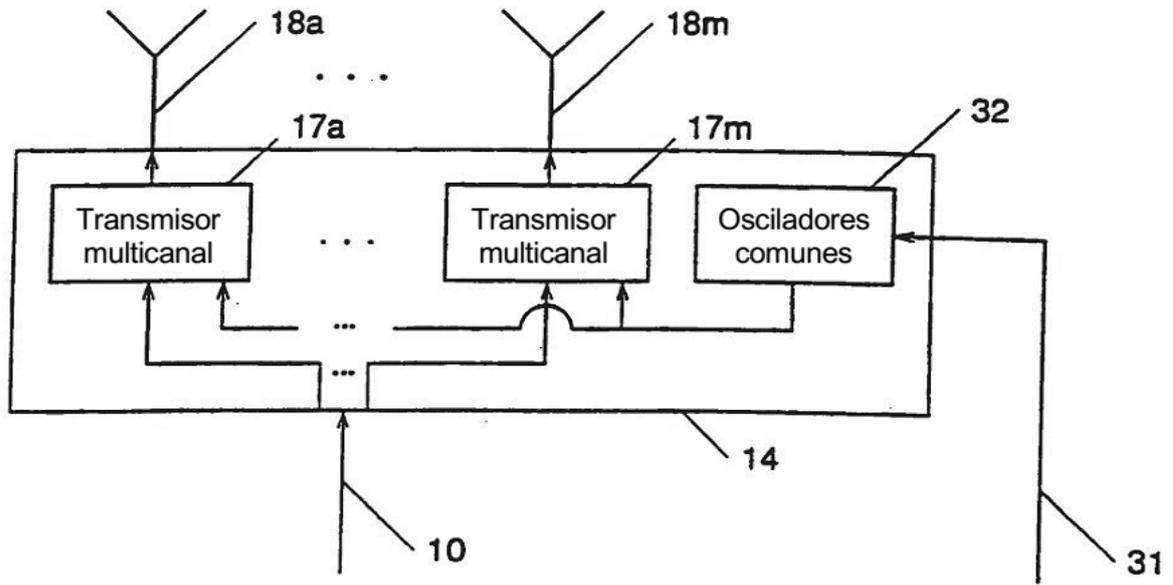


FIG. 5

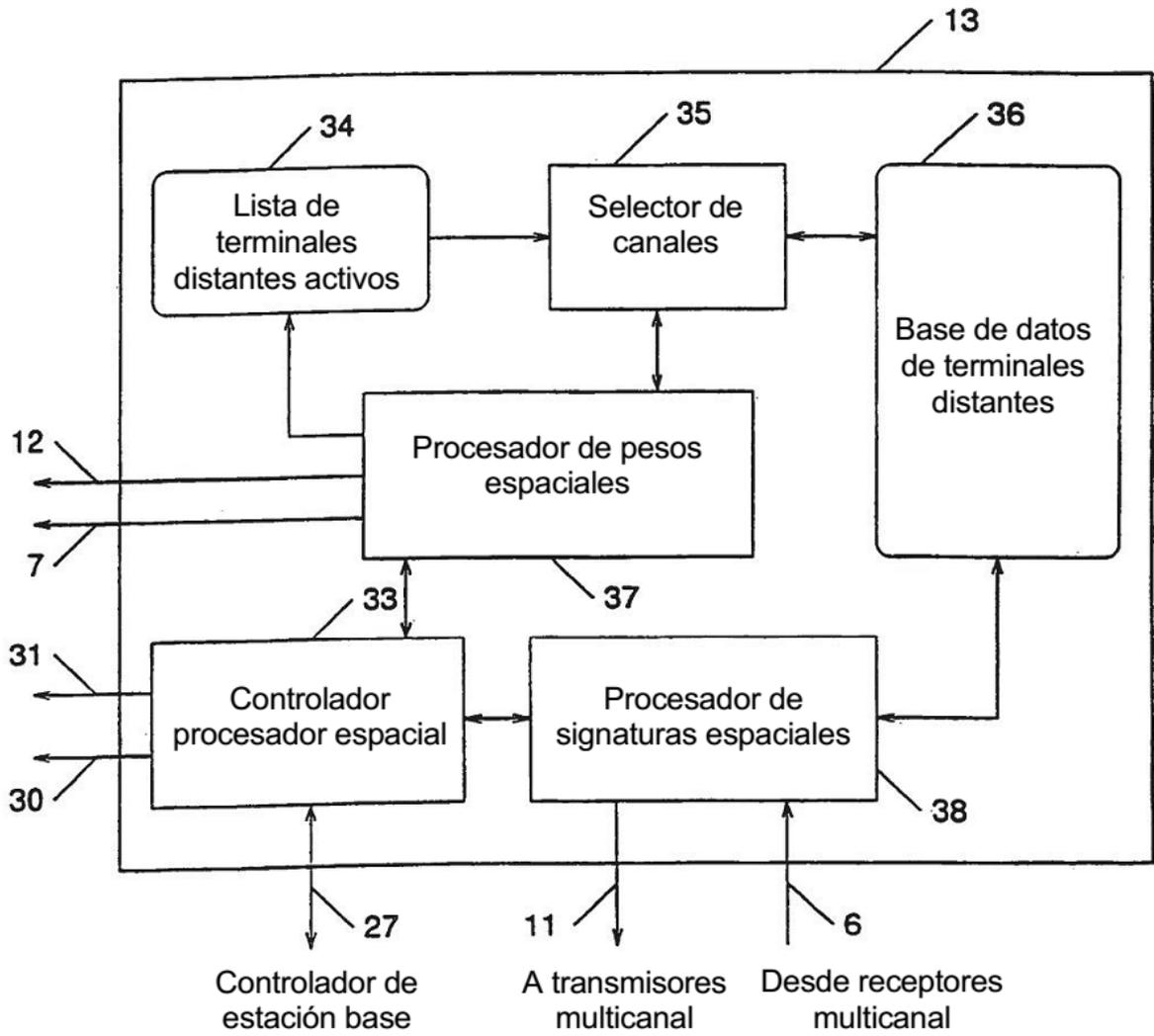


FIG. 6

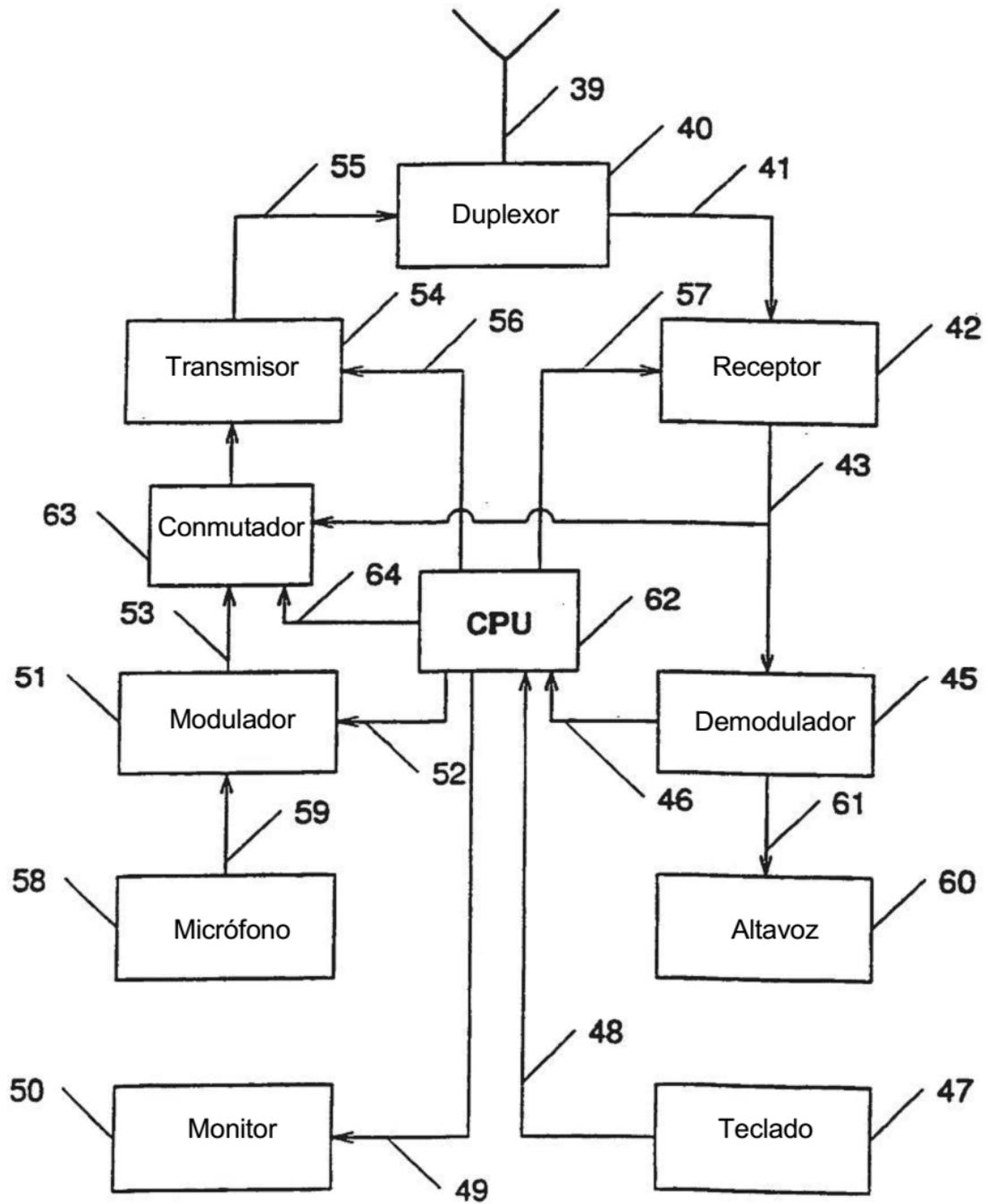


FIG. 7

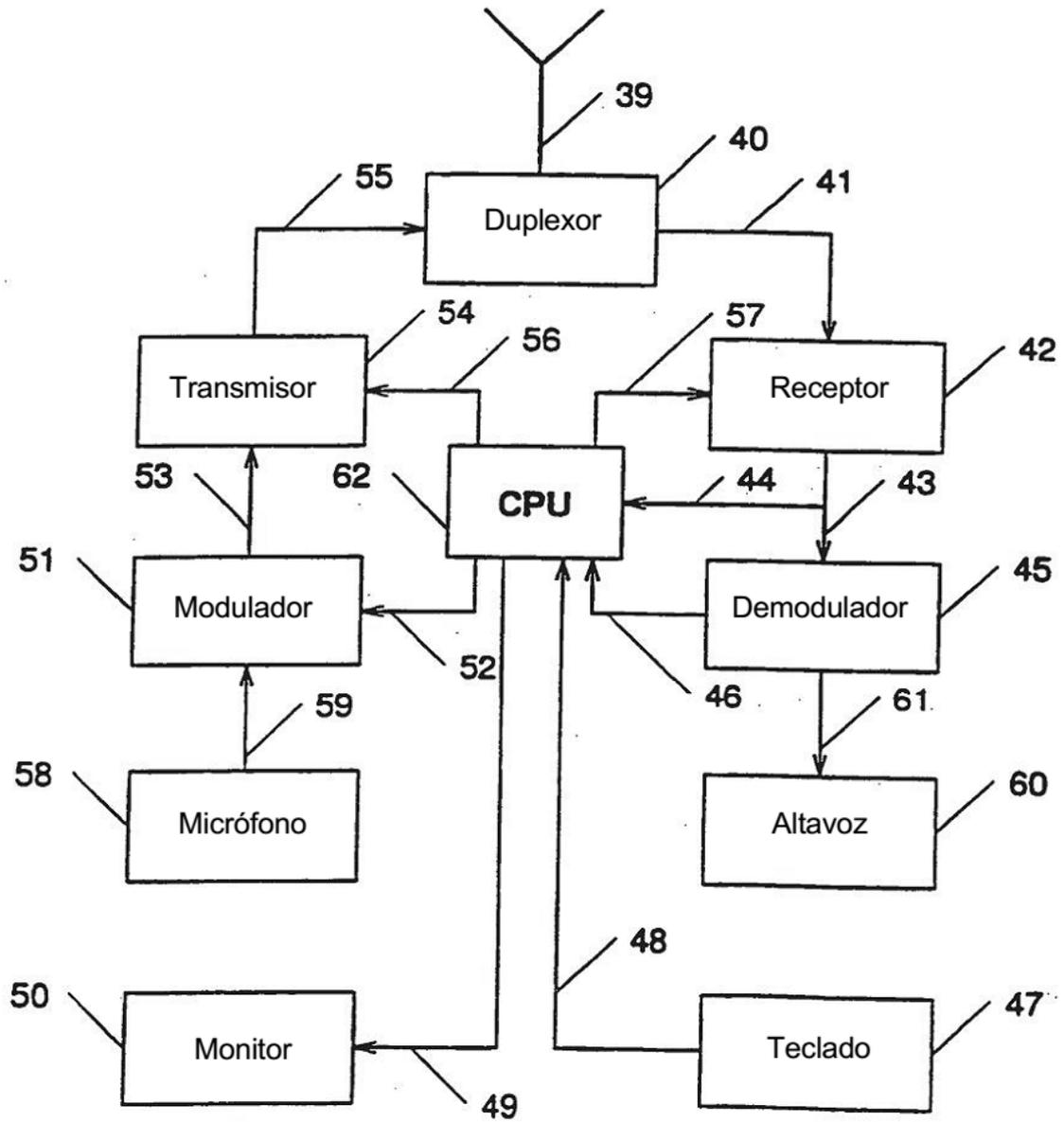


FIG. 8

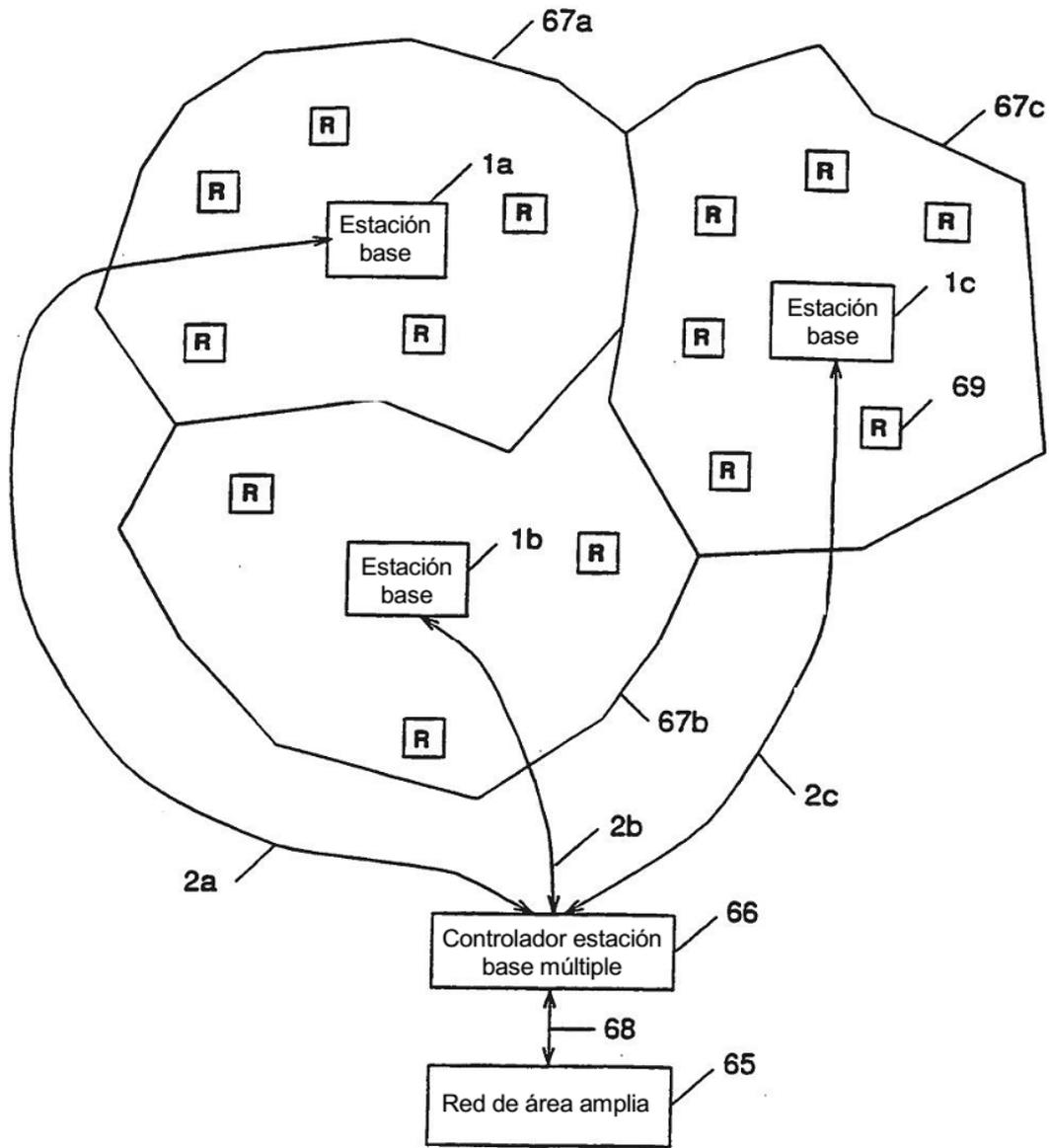


FIG. 9