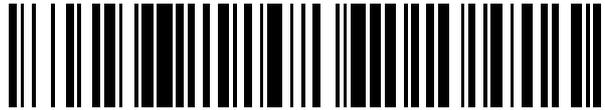


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 483 729**

51 Int. Cl.:

**H04B 7/04**

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.09.2010 E 10770741 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.04.2014 EP 2481165**

54 Título: **Conjunto de antenas, sistema de planificación de red, red de comunicación y método para reenviar señales de radio con formas de patrón de haz configurables independientemente usando un conocimiento local**

30 Prioridad:

**21.09.2009 US 563693**

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

**07.08.2014**

73 Titular/es:

**KATHREIN-WERKE KG (100.0%)  
Anton-Kathrein-Strasse 1-3  
83004 Rosenheim , DE**

72 Inventor/es:

**SCHMIDT, GEORG;  
WECKERLE, MARTIN;  
SCHLEE, JOHANNES;  
NEUMANN, DIRK y  
FUCHS, JOHANNES**

74 Agente/Representante:

**VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro**

**ES 2 483 729 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**

Conjunto de antenas, sistema de planificación de red, red de comunicación y método para reenviar señales de radio con formas de patrón de haz configurables independientemente usando un conocimiento local

5

**Referencia cruzada a otras solicitudes**

La presente solicitud reivindica el beneficio y la prioridad de la Solicitud de Patente de Estados Unidos N° 12/569.693 y está relacionada con una Solicitud de Patente titulada "User Group specific Beam Forming in a Mobile Network" (Expediente del Mandatario N° 90251WO) presentada simultáneamente con la presente.

10

**Campo de la invención**

El campo de la invención se refiere a un conjunto de antenas con formas de patrón de haz configurables independientemente.

15

**Antecedentes de la invención**

Con el creciente uso de los sistemas de comunicaciones móviles, los operadores de sistemas de comunicaciones móviles necesitan más transmisores, receptores y/o transceptores que reenvían en las celdas de los sistemas de comunicaciones móviles, tal como por ejemplo estaciones base, para cumplir la demanda aumentada para las telecomunicaciones.

20

Es costoso para los operadores aumentar el número de estaciones base. El mantenimiento de las estaciones base puede, por ejemplo, requerir que un ingeniero esté presente en el lugar de la estación base. El número aumentado de las estaciones base requiere por lo tanto un número aumentado de ingenieros de servicio para mantener el número aumentado de estaciones base.

25

Con el número aumentado de las estaciones base se aumenta un nivel de interferencia entre las celdas de la red de comunicación móvil. Una señal transmitida desde un microteléfono de un usuario fuera de una celda individual puede detectarse como una señal de interferencia mediante el conjunto de antenas de la celda individual. La señal de interferencia está presente en particular si los usuarios en la celda individual y los usuarios fuera de la celda individual comparten la misma frecuencia, como es normalmente el caso con protocolos de comunicación modernos en redes de comunicación móvil.

30

35

El conjunto de antenas usa un haz para transmitir señales de radio en un enlace descendente al microteléfono de los usuarios en la celda. De manera similar, el conjunto de antenas usa un haz de enlace ascendente para recibir señales de radio desde los microteléfonos de los usuarios en la celda. En la técnica anterior el patrón de haz del enlace ascendente y el patrón de haz del enlace descendente son idénticos. La técnica anterior enseña como una opción un aumento en un ángulo de inclinación de enlace descendente para el conjunto de antenas de la celda para reducir la interferencia producida mediante la estación base a usuarios fuera de la celda. En la técnica anterior el aumento en el ángulo de inclinación de enlace descendente produciría también un aumento en un ángulo de inclinación de enlace ascendente. El aumento en el ángulo de inclinación de enlace ascendente produce una reducción en la interferencia de los usuarios fuera de la celda en el enlace ascendente que reenvía a la estación base para los usuarios en la celda. Una reducción en área de cobertura es una contrapartida cuando se aumenta el ángulo de inclinación de enlace descendente de la forma de haz de enlace descendente.

40

45

Con una extensión de la red de telecomunicaciones un proveedor de red se centra en diferentes aspectos durante la progresión de la red de telecomunicaciones. La cobertura de la celda, más precisamente un sector de la celda es primordial cuando se ajusta en primer lugar el conjunto de antenas de la celda. Más tarde, el número de conjuntos de antenas ha aumentado conjuntamente con el número de las celdas. Por lo tanto se aumenta la interferencia producida por usuarios fuera de la celda. En la técnica anterior era común inclinar hacia abajo progresivamente los conjuntos de antenas para reducir la interferencia de los usuarios fuera de la celda. Es bastante común que las señales de radio se dispersen a lo largo de una multitud de trayectorias cuando se reenvían en la celda. Si por ejemplo una dispersión de señales de radio en la celda cambió sustancialmente, fue necesario para un proveedor de red sustituir los conjuntos de antenas proporcionados originalmente por nuevos conjuntos de antenas que son más adecuados para las condiciones de dispersión cambiadas presentes.

50

55

El documento WO 99/17576 de Ericsson Radio Systems AB desvela un método y un aparato para optimizar un ángulo de inclinación de antena. La patente de Ericsson proporciona un método para optimizar una ventaja del ángulo de inclinación hacia abajo aumentado y el efecto conjunto de la reducción en el área de cobertura. El ángulo de inclinación hacia abajo de antena óptimo puede identificarse como el ángulo de inclinación hacia abajo de antena que refleja una máxima reducción de interferencia con respecto a una reducción en el área de cobertura. Para la patente de Ericsson el ángulo de inclinación de enlace descendente y el ángulo de inclinación de enlace ascendente son idénticos.

60

65

El documento US 6.682.434 B1 de Ericsson incorpora una mejora de calidad de transmisión de enlace ascendente y de enlace descendente mediante ángulos de inclinación hacia abajo de haz de antena de estación base diferenciados. Se desvela un método y un aparato para proporcionar una ganancia sustancial en la cobertura de enlace descendente sobre la interferencia por medio de ángulos de inclinación hacia abajo de haz diferenciados mientras que mantiene todavía la intensidad de señal de limitación de cobertura en el enlace ascendente mediante el uso de diferentes ángulos de inclinación hacia abajo de haz de antena para los haces de antena de transmisión y recepción.

El documento WO 2004/042959 A1 de Vivato desvela una estación de acceso para una red LAN inalámbrica con multi-haces dirigidos a una pluralidad de dispositivos de cliente. Cada haz que conecta la estación de acceso con un cliente usa una forma de haz de enlace ascendente y forma de haz de enlace descendente idénticas. La formación de haz se consigue por medio de una matriz de Butler.

El documento 6.055.431 de la Cooperación Aeroespacial desvela un sistema de comunicación de satélite con múltiples transpondedores de antena de haz. Para los fines de difusión o transmisiones retardadas en tiempo entre dos usuarios terrestres pueden aplicarse diferentes formas de haz. El documento 6.055.431 no sugiere, sin embargo, el uso de diferente forma de haz de enlace ascendente y forma de haz de enlace descendente cuando el satélite está comunicando con el mismo usuario.

El documento EP 1 890 510 A2 de Fujitsu Ltd. desvela un sistema de comunicación de radio con una estación base de radio y una estación de reenvío de radio. La estación de radio puede conmutar entre un patrón de ganancia de antena omnidireccional a un patrón de ganancia de antena direccional. Puede servirse a diferentes estaciones móviles y estaciones de reenvío mediante la estación base con diferentes patrones de ganancia de antena direccional. De nuevo, el patrón de ganancia usado para la comunicación entre la estación base y una estación móvil o una estación de reenvío no diferencia para la forma de haz de enlace ascendente ni la forma de haz de enlace descendente para la misma estación móvil.

El documento WO 2007/091024 de Quintel Technology Limited desvela un sistema de conjunto en fase para una estación base de CDMA. Diferentes haces de antena pueden llevar grupos de canales de datos distinguidos mediante diferente codificación de proceso de canalización o diferente codificación de proceso de aleatorización. Los ángulos de inclinación de los haces de antena se controlan variando los tiempos de retardo entre diferentes señales de salida de amplificador que alimentan diferentes elementos de antena.

El documento GB 2 433 176 desvela una generación de conjunto de haz aleatorio para reducir interferencia de co-canal en una red celular. Un generador de conjunto de haz genera múltiples conjuntos de haces dispuestos en uno o más grupos, comprendiendo cada grupo un haz de cada conjunto. En cada grupo los haces de ese grupo son ortogonales con respecto entre sí, y cada haz en cada conjunto se genera aleatoriamente con respecto a los otros haces en ese conjunto. Por medio de una señal de sincronización todas las estaciones base en la red inalámbrica conmutan al mismo tiempo de un conjunto de haces a otro conjunto de haces. Un conjunto de antenas en cada estación base se controla mediante la lógica de conmutación de haz para conmutar al conjunto predeterminado de haces.

### Sumario de la invención

La presente divulgación proporciona un conjunto de antenas con una pluralidad de elementos de antena para reenviar señales de radio en una celda de una red de comunicación. El conjunto de antenas comprende una pluralidad de vectores de formación de haz de enlace ascendente adaptados para formar una pluralidad de formas de haz de enlace ascendente para un reenvío de enlace ascendente. Uno individual de la pluralidad de vectores de haz de enlace ascendente comprende factores de enlace ascendente para los elementos de antena. El conjunto de antenas comprende adicionalmente una pluralidad de vectores de formación de haz de enlace descendente adaptados para formar una pluralidad de formas de haz de enlace descendente para un reenvío de enlace descendente. Uno individual de la pluralidad de vectores de formación de haz de enlace descendente comprende factores de enlace descendente para cada uno de los elementos de antena. Los factores de enlace ascendente del uno individual de la pluralidad de vectores de formación de haz de enlace ascendente y los factores de enlace descendente del uno individual de la pluralidad de vectores de formación de haz de enlace descendente son independientemente seleccionables. El uno individual de la pluralidad de vectores de formación de haz de enlace ascendente comprende los factores de enlace ascendente o al menos un subconjunto de los elementos de antena. Como alternativa los factores de enlace ascendente pueden proporcionarse a todos los elementos de antena. Se ha de entender que proporcionar los factores de enlace ascendente a un subconjunto de los elementos de antena permite dividir el conjunto de antenas en varios subconjuntos. Ya que los factores de enlace ascendente son independientemente seleccionables, se puede conseguir una subdivisión del conjunto de antenas sin ningún cambio de hardware. La subdivisión corresponde a un agrupamiento de los factores de enlace ascendente.

Los factores de enlace ascendente incluyen, pero sin limitación, ponderación de amplitud y fase que se aplica a uno individual de los elementos de antena para el reenvío de enlace ascendente. Los factores de enlace ascendente pueden incluir adicionalmente un retardo añadido para el uno individual de los elementos de antena. Puede aplicarse

más de un factor de enlace ascendente al uno individual de los elementos de antena. Las combinaciones de los factores de enlace ascendente pueden considerarse también para que sean un nuevo factor de enlace ascendente. Por ejemplo, la superposición de una ponderación de amplitud y fase con un retardo puede considerarse como el nuevo factor de enlace ascendente.

5 El uno individual de los vectores de formación de haz de enlace descendente puede comprender los factores de enlace descendente para un subconjunto de los elementos de antena. Como alternativa el uno individual de los vectores de formación de haz de enlace descendente puede proporcionarse para todos los elementos de antena. Como se ha mencionado anteriormente, es posible formar subconjuntos en el conjunto de antenas, de manera que únicamente algunos de los conjuntos de antenas se agrupan en uno o más de los subconjuntos. Ya que los factores de enlace descendente son independientemente ajustables, la división del conjunto de antenas, cuando se usa para el enlace descendente, en varios de los subconjuntos, puede representarse mediante un agrupamiento de los factores de enlace descendente. Por lo tanto, como para el enlace ascendente, no se requiere cambio de hardware sustancial para conseguir la división de los elementos de antena del conjunto de antenas en subconjuntos.

15 Los factores de enlace descendente incluyen, pero sin limitación ponderación de amplitud y fase que se aplica a uno individual de los elementos de antena para el reenvío del enlace descendente. Los factores de enlace descendente pueden incluir adicionalmente un retardo que se añade para el uno individual de los elementos de antena. De manera similar, como se ha indicado anteriormente con respecto a los factores de enlace ascendente, es posible tener combinaciones de más de un factor de enlace descendente aplicadas al uno individual de los elementos de antena.

25 Se desvela una red de comunicación. La red de comunicación comprende una pluralidad de unos conjuntos de antenas y un sistema de planificación de red. Cada uno de la pluralidad de los conjuntos de antenas tiene una pluralidad de elementos de antena. Cada uno de los conjuntos de antenas comprende una pluralidad de vectores de formación de haz de enlace ascendente adaptados para formar una pluralidad de formas de haz de enlace ascendente. Uno individual de la pluralidad de vectores de formación de haz de enlace ascendente comprende factores de enlace ascendente para los elementos de antena que describen una individual de la pluralidad de formas de haz de enlace ascendente. Cada uno de los conjuntos de antenas comprende adicionalmente una pluralidad de vectores de formación de haz de enlace descendente adaptados para formar una pluralidad de formas de haz de enlace descendente del conjunto de antenas individual. Uno individual de los conjuntos de antenas de la pluralidad de vectores de formación de haz de enlace descendente comprende factores de enlace descendente para los elementos de antena. Los factores de enlace descendente describen una individual de la pluralidad de formas de haz de enlace descendente. El sistema de planificación de red está adaptado para seleccionar independientemente los factores de enlace ascendente del uno individual de la pluralidad de vectores de formación de haz de enlace ascendente y los factores de enlace descendente del uno individual de la pluralidad de vectores de formación de haz de enlace descendente para al menos uno de los conjuntos de antenas. Como se ha mencionado anteriormente los factores de enlace ascendente pueden proporcionarse únicamente para un subconjunto de los elementos de antena. De manera similar los factores de enlace descendente pueden proporcionarse únicamente para un subconjunto adicional de los elementos de antena. Es posible que más de un subconjunto de los elementos de antena se seleccione en el conjunto de antenas. La selección de los subconjuntos de los elementos de antena en el conjunto de antenas es posible independientemente para el reenvío de enlace ascendente y el reenvío de enlace descendente. Ya que los factores de enlace ascendente y/o los factores de enlace descendente son independientemente seleccionables, la división en los subconjuntos de los elementos de antena puede representarse convenientemente, por consiguiente, agrupando los factores de enlace ascendente y/o los factores de enlace descendente.

50 Se proporciona un sistema de planificación de red para planificar una red de comunicación. La red de comunicación comprende una pluralidad de conjuntos de antenas. Los conjuntos de antenas comprenden una pluralidad de elementos de antena. La pluralidad de conjuntos de antenas está adaptada para reenviar señales de radio en celdas de la red de comunicación. Cada uno de los conjuntos de antenas comprende una pluralidad de vectores de formación de haz de enlace ascendente adaptados para formar una pluralidad de formas de haz de enlace ascendente para un reenvío de enlace ascendente en uno individual de los conjuntos de antenas. Uno individual de la pluralidad de vectores de formación de haz de enlace ascendente comprende factores de enlace ascendente para los elementos de antena. Cada uno de los conjuntos de antenas comprende adicionalmente una pluralidad de vectores de formación de haz de enlace descendente adaptados para formar una pluralidad de formas de haz de enlace descendente para un reenvío de enlace descendente en el uno individual de los conjuntos de antenas de la red de comunicación. Uno individual de la pluralidad de vectores de formación de haz de enlace descendente comprende factores de enlace descendente para los elementos de antena. El sistema de planificación de red está adaptado para seleccionar independientemente los factores de enlace ascendente del uno individual de la pluralidad de vectores de formación de haz de enlace ascendente y los factores de enlace descendente del uno individual de la pluralidad de vectores de formación de haz de enlace descendente para al menos uno de la pluralidad de los conjuntos de antenas.

65 La presente divulgación proporciona un método para generar formas de haz para un reenvío de señales de radio en una celda de una red de comunicación. El método comprende una etapa de proporcionar una pluralidad de vectores

de formación de haz de enlace ascendente y una etapa de proporcionar una pluralidad de vectores de formación de haz de enlace descendente. Proporcionar una pluralidad de vectores de formación de haz de enlace ascendente produce una pluralidad de vectores de formación de haz de enlace ascendente adaptados para formar una pluralidad de formas de haz de enlace ascendente para un conjunto de antenas con una pluralidad de elementos de antena. Uno individual de la pluralidad de vectores de formación de haz de enlace ascendente comprende factores de enlace ascendente para los elementos de antena que describen una individual de la pluralidad de formas de haz de enlace ascendente. Proporcionar una pluralidad de vectores de formación de haz de enlace descendente produce una pluralidad de vectores de formación de haz de enlace descendente adaptados para formar una pluralidad de formas de haz de enlace descendente. Una individual de la pluralidad de formas de haz de enlace descendente comprende factores de enlace descendente para los elementos de antena que describen una individual de las formas de haz de enlace descendente.

La presente divulgación proporciona un método para reenviar señales de radio usando formas de haz generadas en una celda de una red de comunicación. Las formas de haz generadas se reenvían mediante unos conjuntos de antenas. Cada uno de los conjuntos de antenas comprende una pluralidad de elementos de antena. El método comprende un etapa de generar formas de haz. El método comprende adicionalmente una etapa de reenviar señales de radio en la celda mediante el conjunto de antenas usando las formas de haz generadas. La generación de formas de haz comprende una etapa de proporcionar una pluralidad de vectores de formación de haz de enlace ascendente adaptados para formar una pluralidad de formas de haz de enlace ascendente para un conjunto de antenas con una pluralidad de elementos de antena. Uno individual de la pluralidad de vectores de formación de haz de enlace ascendente comprende factores de enlace ascendente para los elementos de antena que describen una individual de la pluralidad de formas de haz de enlace ascendente. La generación de formas de haz comprende adicionalmente una etapa de proporcionar una pluralidad de vectores de formación de haz de enlace descendente adaptados para formar una pluralidad de formas de haz de enlace descendente. Una individual de la pluralidad de formas de enlace descendente comprende factores de enlace descendente para los elementos de antena que describen una individual de las formas de haz de enlace descendente.

La divulgación proporciona un método para planificar una red de comunicación que comprende una pluralidad de conjuntos de antenas. Cada conjunto de antenas comprende una pluralidad de elementos de antena. La pluralidad de conjuntos de antenas reenvía señales de radio en celdas de la red de comunicación. El método comprende una etapa de generar formas de haz para un reenvío de señales de radio en una individual de las celdas para al menos uno de los conjuntos de antenas.

Se proporciona un método para reenviar señales de radio usando formas de haz generadas en celdas de una red de comunicación. La red de comunicación comprende una pluralidad de conjuntos de antenas. Cada conjunto de antenas comprende una pluralidad de elementos de antena. El método comprende una etapa de generar formas de haz para un reenvío de señales de radio en una individual de las celdas para al menos uno de los conjuntos de antenas. El método comprende adicionalmente un reenvío de señales de radio en las celdas de la red de comunicación. La planificación y el reenvío pueden usar un conocimiento local acerca de la red. La etapa de generar formas de haz para el reenvío de señal de radio comprende una etapa de proporcionar una pluralidad de vectores de formación de haz de enlace ascendente y una etapa de proporcionar una pluralidad de vectores de formación de haz de enlace descendente. La pluralidad de vectores de formación de haz de enlace ascendente está adaptada para formar una pluralidad de formas de haz de enlace ascendente para al menos uno individual de la pluralidad de conjuntos de antenas. Uno individual de la pluralidad de vectores de formación de haz de enlace ascendente comprende factores de enlace ascendente para los elementos de antena que describen una individual de la pluralidad de formas de haz de enlace ascendente. La pluralidad de vectores de formación de haz de enlace descendente están adaptados para formar una pluralidad de formas de haz de enlace descendente para al menos uno de la pluralidad de los conjuntos de antenas. Uno individual de la pluralidad de vectores de formación de haz de enlace descendente comprende factores de enlace descendente para los elementos de antena que describen una individual de la pluralidad de formas de haz de haz de enlace ascendente.

En otro aspecto la presente divulgación se refiere a un producto de programa informático, comprendiendo el producto de programa informático instrucciones ejecutables para fabricar el conjunto de antenas para reenviar señales de radio en una celda de una red de comunicación. El conjunto de antenas comprende una pluralidad de elementos de antena. El conjunto de antenas comprende una pluralidad de vectores de formación de haz de enlace ascendente y una pluralidad de vectores de formación de haz de enlace descendente. La pluralidad de vectores de formación de haz de enlace ascendente está adaptada para formar una pluralidad de formas de haz de enlace ascendente. Uno individual de la pluralidad de vectores de formación de haz de enlace ascendente comprende factores de enlace ascendente para cada uno de los elementos de antena que describen una individual de la pluralidad de formas de haz de enlace ascendente. La pluralidad de vectores de formación de haz de enlace descendente están adaptados para formar una pluralidad de formas de haz de enlace descendente. Uno individual de la pluralidad de vectores de formación de haz de enlace descendente está adaptado para formar una pluralidad de formas de haz de enlace descendente. Uno individual de la pluralidad de vectores de formación de haz de enlace descendente comprende factores de enlace descendente para cada uno de los elementos de antena que describen una individual de la pluralidad de formas de haz de haz de enlace ascendente. Los factores de enlace ascendente del uno individual de la pluralidad de vectores de formación de haz de enlace ascendente y los factores de enlace

descendente del uno individual de la pluralidad de vectores de formación de haz de enlace descendente son independientemente seleccionables.

5 De acuerdo con un aspecto adicional la presente divulgación se refiere a un producto de programa informático, comprendiendo el producto de programa informático instrucciones ejecutables para fabricar el sistema de planificación de red. El sistema de planificación de red está adaptado para planear una red de comunicación. La red de comunicación comprende una pluralidad de conjuntos de antenas. Los conjuntos de antenas comprenden una pluralidad de elementos de antena. La pluralidad de conjuntos de antenas están adaptados para reenviar señales de radio en celdas de la red de comunicación. Cada uno de los conjuntos de antenas comprende una pluralidad de vectores de formación de haz de enlace ascendente y una pluralidad de vectores de formación de haz de enlace descendente. La pluralidad de vectores de formación de haz de enlace ascendente están adaptados para formar una pluralidad de formas de haz de enlace ascendente para uno individual de los conjuntos de antenas. Uno individual de la pluralidad de vectores de formación de haz de enlace ascendente comprende factores de enlace ascendente para los elementos de antena que describen una individual de la pluralidad de formas de haz de enlace ascendente. La pluralidad de vectores de formación de haz de enlace descendente están adaptados para formar una pluralidad de formas de haz de enlace descendente para el uno individual de los conjuntos de antenas. Uno individual de la pluralidad vectores de formación de haz de enlace descendente comprende factores de enlace descendente para los elementos de antena que describen una individual de la pluralidad de formas de haz de enlace descendente. El sistema de planificación de red está adaptado para seleccionar independientemente los factores de enlace ascendente del uno individual de la pluralidad de vectores de formación de haz de enlace ascendente y de los factores de enlace descendente del uno individual de la pluralidad de vectores de formación de haz de enlace descendente para al menos uno de la pluralidad de conjuntos de antenas.

25 En otro aspecto la divulgación proporciona un producto de programa informático, comprendiendo el producto de programa informático instrucciones ejecutables para la ejecución del método de generar formas de haz para reenviar señales de radio en una celda de la red. El método de generar formas de haz comprende una provisión de una pluralidad de vectores de formación de haz de enlace ascendente y una provisión de una pluralidad de vectores de formación de haz de enlace descendente. Los vectores de formación de haz de enlace ascendente están adaptados para formar una pluralidad de formas de haz de enlace ascendente para un conjunto de antenas con una pluralidad de elementos de antena. Uno individual de la pluralidad de vectores de formación de haz de enlace ascendente comprende factores de enlace ascendente para los elementos de antena que describen una individual de la pluralidad de formas de haz de enlace ascendente. La pluralidad de vectores de formación de haz de enlace descendente están adaptados para formar una pluralidad de formas de haz de enlace descendente. Uno individual de la pluralidad de vectores de formación de haz de enlace descendente comprende factores de enlace descendente para los elementos de antena que describen una individual de la pluralidad de formas de haz de enlace descendente.

40 En otro aspecto la divulgación proporciona un producto de programa informático, comprendiendo el producto de programa informático instrucciones ejecutables para la ejecución del método de reenviar señales de radio usando formas de haz generadas en una celda de la red.

45 La generación de formas de haz comprende una etapa de proporcionar una pluralidad de vectores de formación de haz de enlace ascendente adaptados para formar una pluralidad de formas de haz de enlace ascendente para un conjunto de antenas con una pluralidad de elementos de antena. Uno individual de la pluralidad de vectores de formación de haz de enlace ascendente comprende factores de enlace ascendente para los elementos de antena que describen una individual de la pluralidad de formas de haz de enlace ascendente. La generación de formas de haz comprende adicionalmente una etapa de proporcionar una pluralidad de vectores de formación de haz de enlace descendente adaptados para formar una pluralidad de formas de haz de enlace descendente. Una individual de la pluralidad de formas de haz de enlace descendente comprende factores de enlace descendente para los elementos de antena que describen una individual de las formas de haz de enlace descendente.

55 Otro aspecto más de la divulgación se refiere a un producto de programa informático, comprendiendo el producto de programa informático instrucciones ejecutables para la ejecución del método de planificar la red. La red comprende una pluralidad de conjuntos de antenas para reenviar señales de radio en celdas de la red de comunicación. Los conjuntos de antenas comprenden una pluralidad de elementos de antena. El método comprende una etapa de generar formas de haz para el reenvío de señales de radio en una individual de las celdas para al menos uno de los conjuntos de antenas con la pluralidad de los elementos de antena.

60 Otro aspecto de la divulgación se refiere a un producto de programa informático, comprendiendo el producto de programa informático instrucciones ejecutables para la ejecución del método de reenviar señales de radio en celdas de la red usando formas de haz generadas. El método comprende una etapa de generar formas de haz para un reenvío de señales de radio en una individual de las celdas para al menos uno de los conjuntos de antenas con una pluralidad de elementos de antena. El método comprende adicionalmente una etapa de reenviar señales de radio en la una individual de las celdas mediante al menos uno de los conjuntos de antenas con una pluralidad de elementos de antena.

El término reenviar como se describe en el presente documento debe interpretarse como que comprende una transmisión mediante el elemento de antena y/o una recepción mediante el elemento de antena.

5 La expresión red de comunicación como se usa en el presente documento debe considerarse como una red de comunicación móvil que cubre un área mediante una pluralidad de celdas. La red de comunicación puede denominarse también como una red en resumen.

### Breve descripción de los dibujos

10 La Figura 1a muestra un ejemplo de un conjunto de antenas.  
 La Figura 1b muestra un conjunto de antenas reenviando en una celda de una red de comunicación usando diferentes ángulos de inclinación.  
 La Figura 1c muestra un conjunto de antenas proporcionando diferentes formas de haz para un enlace ascendente y un enlace descendente.  
 15 La Figura 1d muestra una pluralidad de conjuntos de antenas reenviando en una pluralidad de celdas de la red que comprende un sistema de planificación de red.  
 La Figura 1e muestra detalles del sistema de planificación de red.  
 La Figura 1f muestra un módulo de planificación de red local.  
 La Figura 1g muestra un sistema de planificación de red que usa un conocimiento local acerca de la red para controlar una pluralidad de módulos de planificación de red local.  
 20 La Figura 2a muestra un método para reenviar señales de radio en una celda de una red de comunicación.  
 La Figura 2b muestra detalles de una etapa de generar formas de haz para un reenvío en la celda de la red de comunicación.  
 La Figura 2c muestra detalles acerca de una etapa de reenviar las señales de radio en la celda de la red de comunicación.  
 25 La Figura 3 muestra un método para planificar un reenvío de señales de radio en una red de comunicación.  
 La Figura 4 muestra un método para reenviar señales de radio en una red de comunicación.

### Descripción detallada de la invención

30 Para un mejor entendimiento de la presente divulgación se hace referencia ahora a aspectos preferidos de la presente divulgación, ejemplos de los cuales se ilustran en los dibujos adjuntos.

La Figura 1a muestra un conjunto de antenas 1 de la presente divulgación. El conjunto de antenas 1 comprende 35 cuatro elementos 11-1, 11-2, 11-3, 11-4 de antena. Sin ninguna limitación el conjunto de antenas 1 puede comprender más de cuatro de los elementos 11-1, 11-2, ..., 11-j de antena. Los conjuntos de antenas conocidos en la técnica anterior permiten una dirección de haz. La dirección de haz se proporciona proporcionando una relación de fase y amplitud definida entre los elementos 11-1, 11-2, ..., 11-j de antena. En la técnica anterior la relación de fase y amplitud se fija entre unos individuales de los elementos 11-1, 11-2, ..., 11-j de antena. Normalmente las 40 redes combinatoras pasivas se usan para combinar una señal recibida. De manera similar las amplitudes y fases fijas se usan para proporcionar las diferencias de fase y amplitud definidas entre los unos individuales de los elementos 11-1, 11-2, ..., 11-j de antena cuando transmiten señales de radio. La fase y amplitud para cada uno de los elementos 11-1, 11-2, ..., 11-j de antena puede expresarse en términos de factores complejos. Los factores complejos describen una fase y amplitud como se conoce en la técnica. El conjunto de antenas 1 de acuerdo con la 45 presente divulgación proporciona factores cu-1, cu-2, ..., cu-j de enlace ascendente que describen los factores complejos usados para el reenvío de enlace ascendente mediante el conjunto de antenas 1. Los factores cu-1, cu-2, ..., cu-j de enlace ascendente pueden comprender adicionalmente un retardo individual para cada uno de los elementos 11-1, 11-2, ..., 11-j de antena. Adicionalmente el conjunto de antenas 1 de la presente divulgación proporciona factores cd-1, cd-2, ..., cd-j de enlace descendente que se usan para un reenvío de enlace descendente 50 del conjunto de antenas 1. Como se ha mencionado anteriormente, los factores cd-1, cd-2, ..., cd-j de enlace descendente pueden comprender adicionalmente un retardo individual para cada uno de los elementos 11-1, 11-2, ..., 11-j de antena. Los elementos 11-1, 11-2, ..., 11-j de antena normalmente están dispuestos en un plano. En la Figura 1a los unos individuales de los elementos 11-1, 11-2, ..., 11-j de antena se indican como rectángulos. Sin ninguna limitación es concebible cualquier otra forma de los elementos 11-1, 11-2, ..., 11-j de antena. 55 Adicionalmente en la Figura 1a los elementos 11-1, 11-2, ..., 11-j de antena están dispuestos en una disposición de 2 x 2. Sin ninguna limitación es concebible cualquier otra disposición, por ejemplo una disposición de 1 x 4. A diferencia de la técnica anterior la presente divulgación proporciona los factores cu-1, cu-2, ..., cu-j de enlace ascendente y el factor cd-1, cd-2, ..., cd-j de enlace descendente independientemente entre sí de los elementos 11-1, 11-2, ..., 11-j de antena. Por lo tanto es posible una considerable cantidad de dirección de haz con el conjunto de 60 antenas 1 de la presente divulgación. La Figura 1a representa ocho ejemplos de localizaciones P1, P2, ..., P8 donde puede localizarse una máxima energía reenviada mediante el conjunto de antenas 1. En la Figura 1a el conjunto de antenas 1 está reenviando en la mitad del espacio por debajo de la figura. Con los factores cu-1, cu-2, ..., cu-j de enlace ascendente apropiados y los factores cd-1, cd-2, ..., cd-j de enlace descendente apropiados la máxima energía recibida y/o transmitida puede dirigirse a cualquiera de las posiciones P1, P2, ..., P8. Usando un conjunto 65 diferente de los factores cu-1, cu-2, ..., cu-j de enlace ascendente, la máxima energía para el reenvío de enlace ascendente se recogerá de la posición P2. De manera similar usando factores cd-1, cd-2, ..., cd-j de enlace

descendente apropiados la máxima energía de enlace descendente se transmitirá a la localización P2. P1 y P2 indican dos localizaciones diferentes en el azimut. Las posiciones P6 y P5 indican la misma posición en el azimut como P1 y P2, pero en elevaciones diferentes. De manera similar, las posiciones P8 y P3 indican idénticas elevaciones del haz a diferentes ángulos de azimut. El ángulo de azimut de P8 es más grande que el azimut de P1 y P2. El azimut para P3 y P4 es en su lugar idéntico pero negativo al azimut de P8 y P7.

Se apreciará fácilmente por un experto en la materia que el conjunto de antenas 1 que usa el factor cu-1, cu-2, ..., cu-j de enlace ascendente y los factores cd-1, cd-2, ..., cd-j de enlace descendente proporciona una mayor libertad en dirigir y conformar el haz que con la técnica anterior. Adicionalmente se ha de entender que los factores cu-1, cu-2, ..., cu-j de enlace ascendente y los factores cd-1, cd-2, ..., cd-j de enlace descendente pueden elegirse independientemente. En otras palabras el haz puede dirigirse a una posición diferente, por ejemplo a P1 para el reenvío de enlace ascendente, y a una posición diferente, por ejemplo P3, para el reenvío de enlace descendente. Se ha de entender que las ocho posiciones P1, P2, ..., P8 se ilustran únicamente como ejemplos pero no limitan la flexibilidad de la presente divulgación. Se ha de entender adicionalmente que para un reenvío de enlace ascendente los factores cu-1, cu-2, ..., cu-j de enlace ascendente pueden alternarse tras la recepción. Cada uno de los elementos 11-1, 11-2, ..., 11-j de antena recibirá una señal de recepción individual. Para el reenvío de enlace ascendente las señales recibidas individuales se multiplican por los factores cu-1, cu-2, ..., cu-j de enlace ascendente.

Aplicando un conjunto de los factores cu-1, cu-2, ..., cu-j de enlace ascendente puede formarse una señal de enlace ascendente compuesta. Usando un segundo conjunto de factores cu-1, cu-2, ..., cu-j de enlace ascendente a aplicarse a las mismas señales de recepción de los elementos 11-1, 11-2, ..., 11-j de antena producirá una segunda señal de recepción combinada. La primera señal de enlace ascendente combinada puede corresponder, por ejemplo, principalmente a señales de radio recibidas desde la posición P1, mientras que la segunda señal de enlace ascendente combinada puede en su lugar corresponder en su mayoría a señales recibidas desde la posición P5 dependiendo del primer conjunto de factores cu-1, cu-2, ..., cu-j de enlace ascendente y del segundo conjunto de factores cu-1, cu-2, ..., cu-j de enlace ascendente. Sin ninguna limitación los factores de enlace ascendente pueden modificarse para alcanzar cualquiera de las posibles posiciones. Se ha de entender que la flexibilidad en dirigir y conformar los patrones de enlace ascendente y enlace descendente depende de las características de transmisión físicas de los elementos 11-1, 11-2, ..., 11-j de antena. Las características de reenvío de los elementos 11-1, 11-2, ..., 11-j de antena pueden sin ninguna limitación comprender una característica dipolo.

La Figura 1b muestra una celda 10 de una red de comunicación 500 (véase Figura 1c). La celda 10 comprende un conjunto de antenas 1 que reenvía señales de radio en la celda 10, normalmente únicamente en un sector de la celda 10. El conjunto de antenas 1 comprende una pluralidad de elementos 11-1, 11-2, ..., 11-j de antena (véase Figura 1a). El conjunto de antenas 1 normalmente reenvía las señales de radio en la celda 10 con un patrón 24 de haz como se representa en la Figura 1a. El patrón 24 de haz o forma de haz puede formarse mediante el conjunto de antenas 1 y dirigirse también mediante el conjunto de antenas 1, como se conoce en la técnica. La presente divulgación aumenta la cantidad de alcance y conformación de haz, como se ha analizado con la Figura 1a. La formación de haz puede describirse usando vectores de formación de haz. Un vector 20-u de formación de haz de enlace ascendente comprende los factores cu-1, cu-2, ..., cu-j de enlace ascendente como se representa en la figura 1a. El vector 20-d de formación de haz de enlace descendente comprende los factores cd-1, cd-2, ..., cd-j de enlace descendente como se explica con respecto a la Figura 1a. Se ha de entender que el conjunto de antenas 1 permite una dirección independiente del haz de enlace ascendente y del haz de enlace descendente. En la técnica anterior se proporcionó una dirección del patrón 24 de haz usando redes pasivas adaptadas para imponer diferencias de fase y amplitud entre los unos individuales de los elementos 11-1, 11-2, ..., 11-j de antena. Se ha de entender que las redes pasivas restringirían los vectores de formación de haz a uno individual que se usa constantemente para el reenvío de enlace ascendente. De manera similar una red pasiva restringiría el vector de formación de haz de enlace descendente a uno individual en la técnica anterior.

La inclinación de haz es una técnica conocida usada para reducir interferencia de celdas 10 vecinas en una red de comunicación 500 móvil. Puede ser suficiente proporcionar una inclinación de haz mecánica, si uno está únicamente interesado en una inclinación hacia abajo del patrón 24 de haz reenviado mediante el elemento 1 de antena. La inclinación de haz mecánica está adaptada para variar un ángulo de inclinación  $\Theta$  hacia abajo (ángulo de inclinación  $\Theta$  corto). El ángulo de inclinación  $\Theta$  se mide desde una línea horizontal hacia abajo lejos de la horizontal de una manera positiva. Para la inclinación mecánica puede ser suficiente inclinar el conjunto de antenas 1 tal como hacia abajo bajo el horizonte. En la Figura 1b se representan dos formas 24 de haz diferentes. La forma 24 de haz del conjunto de antenas 1 es menos sensible a cualquier señal de radio que pertenece desde un microteléfono de un usuario u2 fuera de la celda 10 cuando aumenta el ángulo de inclinación  $\Theta$ . Cualquier señal del usuario u2 fuera de la celda se recibirá mediante el conjunto de antenas 1 como interferencia. Un aumento en el usuario u2 fuera de la celda 10 aumentará las señales de radio desde fuera de la celda 10 que se reciben como interferencia mediante el conjunto de antenas 1 de la celda 10. En particular si las celdas 10 adyacentes comparten la misma frecuencia, como es normalmente el caso.

El aumento en la interferencia desde fuera de la celda 10 se añadirá a las señales de radio que pertenecen a los usuarios en la celda 10, tal como un usuario u1 en la celda 10. Es de interés aumentar el ángulo de inclinación  $\Theta$

para reducir la interferencia de fuera de la celda 10. En consecuencia, una relación entre señal a ruido e interferencia SINR se aumentará aumentando el ángulo de inclinación  $\Theta$ . El conjunto de antenas 1 será más sensible a las señales de radio desde dentro de la celda 10 con el ángulo de inclinación  $\Theta$  aumentado.

5 Una desventaja de aumentar el ángulo de inclinación  $\Theta$  hacia abajo es un área de cobertura 66 reducida en la celda 10. En la Figura 1b el área 66( $\Theta$ 1) de cobertura para un primer ángulo de inclinación  $\Theta$ 1 se indica como una línea de discontinua. Un área 66( $\Theta$ 2) de cobertura para un segundo ángulo de inclinación  $\Theta$ 2 mayor que el primer ángulo de inclinación  $\Theta$ 1 se representa en la Figura 1b usando una línea continua. Se apreciará fácilmente que con el ángulo de inclinación  $\Theta$  aumentado el área 66( $\Theta$ ) de cobertura se reduce. Se apreciará adicionalmente que un área 66 ( $\Theta$ 1) de cobertura puede definirse para un reenvío de enlace ascendente mediante el conjunto de antenas 1 así como un área 66d ( $\Theta$ 2) de cobertura para un reenvío de enlace descendente del conjunto de antenas 1, siempre que el ángulo de inclinación  $\Theta$ 1 y  $\Theta$ 2 pueda establecerse independientemente para el reenvío de enlace ascendente y el envío del enlace descendente.

15 Para conjuntos de antenas en la técnica anterior era común usar ángulos de inclinación idénticos para el reenvío de enlace descendente así como para el reenvío de enlace ascendente. Puede ser de interés para un operador usar un ángulo de inclinación más pequeño para el reenvío de enlace ascendente que para el reenvío de enlace descendente. Esto significa que el ángulo de inclinación  $\Theta$  para señales de radio recibidas mediante el conjunto de antenas 1 puede ser más grande que para el de transmisión en la celda 10 mediante el conjunto de antenas 1. Manteniendo del área 66u de cobertura para un enlace ascendente mayor que el área 66d de cobertura para un enlace descendente será ventajoso para ayudar a un traspaso sin problemas desde una primera celda 10 de la red de comunicación 500 a una celda 10 adyacente de la red de comunicación 500. Es por lo tanto de interés proporcionar un conjunto de antenas 1 en el que los ángulos de inclinación  $\Theta$  pueden ajustarse independientemente para el reenvío de enlace descendente y el reenvío de enlace ascendente.

25 La Figura 1c muestra secciones transversales de una pluralidad de formas de haz de enlace ascendente. Las secciones transversales mostradas en la Figura 1c son secciones transversales en un plano vertical. El plano del papel corresponde al plano vertical. Se apreciará que existe una pluralidad de planos verticales, todos los cuales son perpendiculares a un nivel de tierra. El horizonte aparecerá como una línea horizontal en la pluralidad de planos verticales. Debe observarse que cada forma de haz puede atribuirse a un vector de formación de haz como se explica con la Figura 1a. Los vectores de formación de haz describen una forma de haz reenviada mediante el conjunto de antenas 1. Se ha de entender que los factores complejos tienen que tener en cuenta propiedades físicas del conjunto de antenas 1 tales como considerar tiempos de retardo y ganancia y/o propiedades de atenuación del sistema 1 de antena. Los vectores 20u-1, 20u-2, ..., 20u-N de formación de haz de enlace ascendente y/o los vectores 20d-1, 20d-2, ..., 20d-N de formación de haz de enlace descendente necesitan por lo tanto elegirse en combinación con las propiedades físicas del conjunto de antenas 1, como se ha mencionado anteriormente. La pluralidad de formas de haz de enlace ascendente corresponde a una pluralidad de vectores 20u-1, 20u-2, ..., 20u-N de formación de haz de enlace ascendente. La Figura 1c muestra la pluralidad de vectores 20u-1, 20u-2, ..., 20u-N de formación de haz de enlace ascendente que corresponden a tres formas de haz de enlace ascendente individuales. Sin ninguna limitación es concebible cualquier otro número de vectores de formación de haz en la pluralidad de vectores 20u-1, 20u-2, ..., 20u-N de formación de haz de enlace ascendente. Cada uno de la pluralidad de vectores 20u-1, 20u-2, ..., 20u-N de formación de haz de enlace ascendente representa una forma de haz usable para el reenvío de enlace ascendente del conjunto de antenas 1. Unos individuales de la pluralidad de vectores 20u-1, 20u-2, ..., 20u-N de formación de haz de enlace ascendente pueden variar las áreas 66u de cobertura (Figura 1b) para el reenvío de enlace ascendente.

50 La Figura 1c muestra adicionalmente secciones transversales de una pluralidad de formas de haz de enlace descendente. Se ha de indicar que cada forma de haz puede atribuirse a un vector de formación de haz como se ha descrito anteriormente. Por lo tanto la pluralidad de formas de haz de enlace descendente corresponde a una pluralidad de vectores 20d-1, 20d-2, ..., 20d-N de formación de haz de enlace descendente. Las secciones transversales de la pluralidad de vectores 20d-1, 20d-2, ..., 20d-N de formación de haz de enlace descendente se muestran en el plano vertical en la Figura 1c. La Figura 1c muestra la pluralidad de vectores 20d-1, 20d-2, ..., 20d-N de formación de haz de enlace descendente que comprenden tres vectores de formación de haz individuales. Sin ninguna limitación es concebible cualquier otro número de vectores de formación de haz en la pluralidad de vectores 20d-1, 20d-2, ..., 20d-N de formación de haz de enlace descendente. Cada uno de la pluralidad de vectores de 20d-1, 20d-2, ..., 20u-N de formación de haz de enlace descendente representa una forma de haz de enlace descendente para el reenvío de enlace descendente del conjunto de antenas 1. Unos individuales de la pluralidad de vectores 20d-1, 20d-2, ..., 20d-N de formación de haz de enlace descendente pueden variar las áreas 66d de cobertura para el reenvío de enlace descendente como se ha analizado con respecto a la Figura 1b.

60 Se apreciará fácilmente por un experto en la materia que la presente divulgación proporciona una manera conveniente de aplicar un cambio en el ángulo de inclinación  $\Theta$  al conjunto de antenas 1 para el reenvío de enlace ascendente. Con todos los factores cu-1, cu-2, ..., cu-j de enlace ascendente, que corresponden a un vector 22u de formación de haz de enlace ascendente individual, que es ajustable independientemente, es posible modificar el vector 22u de formación de haz de enlace ascendente individual de manera que la forma de haz de enlace

ascendente es de un ángulo de inclinación  $\Theta$  diferente. Uno podría pensar del cambio en el ángulo de inclinación  $\Theta$  como de aplicar una rotación en el plano angular de la elevación de los factores  $cu-1, cu-2, \dots, cu-j$  de enlace ascendente que representan la forma de haz de enlace ascendente individual. Una manera alternativa de pensar un cambio en el ángulo de inclinación es aplicar retardos variables a unos individuales de los elementos  $11-1, 11-2, \dots, 11-j$  de antena, por ejemplo, desde la parte superior a la parte inferior. Se apreciará fácilmente que los factores  $cu-1, cu-2, \dots, cu-j$  de enlace ascendente y/o los factores  $cd-1, cd-2, \dots, cd-j$  de enlace descendente permiten mayor libertad en términos de conformación de haz que únicamente cambiando la inclinación. La divulgación del conjunto de antenas no requiere varias redes pasivas en caso de que uno desee aplicar diferentes ángulos de inclinación al conjunto de antenas. Por lo tanto el conjunto de antenas de la presente divulgación ayuda a ahorrar costes provocados en la fabricación del conjunto de antenas así como ofrece mayor libertad en dirigir del haz.

De manera similar la presente divulgación desvela una manera de aplicar un cambio en el ángulo de inclinación  $\Theta$  al conjunto de antenas para el reenvío de enlace descendente. Con todos los factores  $cd-1, cd-2, \dots, cd-j$  de enlace descendente, que corresponden a un vector  $22d$  de formación de haz de enlace descendente individual, que es independientemente ajustable, es posible modificar el vector  $22d$  de formación de haz de enlace descendente individual de manera que la forma de haz de enlace descendente es de un ángulo de inclinación  $\Theta$  diferente. Uno podría pensar del cambio en el ángulo de inclinación  $\Theta$  como de aplicar una rotación en el plano angular de la elevación de los factores  $cu-1, cu-2, \dots, cu-j$  de enlace descendente que representan la forma de haz de enlace descendente individual.

La Figura 1c muestra el conjunto de antenas que comprende un enlace 55. El enlace 55 está adaptado para aceptar la pluralidad de vectores  $20u-1, 20u-2, \dots, 20u-N$  de formación de haz de enlace ascendente así como la pluralidad de vectores  $20d-1, 20d-2, \dots, 20d-N$  de formación de haz de enlace descendente.

Puede ser ventajoso proporcionar la pluralidad de vectores  $20d-1, 20d-2, \dots, 20d-N$  de formación de haz de enlace descendente de manera que el área 66d de cobertura para la pluralidad de vectores  $20d-1, 20d-2, \dots, 20d-N$  de formación de haz de enlace descendente es más pequeña que el área 66u de cobertura para la pluralidad de vectores  $20u-1, 20u-2, \dots, 20u-N$  de formación de haz de enlace ascendente. Se ha de entender que la pluralidad de vectores  $20u-1, 20u-2, \dots, 20u-N$  de formación de haz de enlace ascendente y/o la pluralidad de vectores  $20d-1, 20d-2, \dots, 20d-N$  de formación de haz de enlace descendente pueden elegirse de acuerdo con área circundante del conjunto de antenas; representado mediante un conocimiento local 60 acerca de la celda 10.

Colocando el conjunto de antenas en un área rural en la que las redes de comunicación 500 tienden ser de cobertura limitada puede requerir maximizar una ganancia de antena en combinación con una forma de haz "delgada". Si el conjunto de antenas está montado en cañones urbanos, puede requerirse un haz amplio tal como la pluralidad de vectores  $20u-1, 20u-2, \dots, 20u-N$  de formación de haz de enlace ascendente representados en la Figura 1c; como en los cañones urbanos una pluralidad de objetos de dispersión pueden presentarse produciendo una propagación de las señales de radio en una multitud de direcciones.

La Figura 1c ilustra una pluralidad de vectores  $20d-1, 20d-2, \dots, 20d-N$  de formación de haz de enlace descendente que están señalando más hacia la tierra que la pluralidad de vectores  $20u-1, 20u-2, \dots, 20u-N$  de formación de haz de enlace ascendente para reducir una interferencia introducida en celdas 10 vecinas de la red de comunicación 500 (Figura 1d) mediante el reenvío de enlace descendente en la celda 10. Por el contrario la pluralidad de vectores  $20u-1, 20u-2, \dots, 20u-N$  de formación de haz de enlace ascendente en la Figura 1c son de una forma para permitir recopilar una mayor porción de potencia de señal de radio desde usuarios en el límite de la celda 10. Se ha de entender, que el conjunto de antenas permite a la pluralidad de vectores  $20u-1, 20u-2, \dots, 20u-N$  de formación de haz de enlace ascendente y a la pluralidad de vectores  $20d-1, 20d-2, \dots, 20d-N$  de formación de haz de enlace descendente seleccionarse independientemente, como se ha explicado anteriormente.

Uno individual  $22u-1, 22u-2, \dots, 22u-N$  de los vectores  $22u-1, 22u-2, \dots, 22u-N$  de formación de haz de enlace ascendente se aplica al conjunto de antenas aplicando los factores  $cu-1, cu-2, \dots, cu-j$  de enlace ascendente a los elementos  $11-1, 11-2, \dots, 11-j$  de antena. De manera similar uno individual  $22d-1, 22d-2, \dots, 22d-N$  de los vectores  $22d-1, 22d-2, \dots, 22d-N$  de formación de haz de enlace descendente se aplica al conjunto de antenas aplicando los factores  $cd-1, cd-2, \dots, cd-j$  de enlace descendente al elemento  $11-1, 11-2, \dots, 11-j$  de antena, como se ha explicado con respecto a la Figura 1a. La pluralidad de vectores  $20u-1, 20u-2, \dots, 20u-N$  de formación de haz de enlace ascendente y la pluralidad de vectores  $20d-1, 20d-2, \dots, 20d-N$  de formación de haz de enlace descendente se proporcionan al conjunto de antenas mediante un enlace 55. El enlace 55 permite a la pluralidad de vectores de formación de haz de enlace ascendente y a la pluralidad de vectores  $20u-1, 20u-2, \dots, 20u-N$  y  $20d-1, 20d-2, \dots, 20d-N$  de formación de haz de enlace descendente proporcionarse directamente en el conjunto de antenas 1 usando un módulo de planificación de red local 70. El módulo de planificación de red local 70 puede ser parte del conjunto de antenas 1. Como alternativa y sin ninguna limitación la pluralidad de vectores  $20u-1, 20u-2, \dots, 20u-N$  de formación de haz de enlace ascendente y la pluralidad de vectores  $20d-1, 20d-2, \dots, 20d-N$  de formación de haz de enlace descendente pueden proporcionarse al conjunto de antenas 1 usando algún tipo de un canal de telemetría, tal como por ejemplo una terminación de enlace de fibra en el enlace 55 del conjunto de antenas 1. Es posible adicionalmente proporcionar los factores  $cu-1, cu-2, \dots, cu-j$  de enlace ascendente a una interfaz de radio digital (DRI) del conjunto de antenas 1. De manera similar los factores  $cd-1, cd-2, \dots, cd-j$  de enlace descendente pueden proporcionarse a la

DRI del conjunto de antenas 1. El concepto del canal de telemetría es bien conocido en la técnica y no debería analizarse adicionalmente. Sin ninguna limitación la pluralidad de vectores  $20u-1, 20u-2, \dots, 20u-N$  de formación de haz de enlace ascendente y la pluralidad de vectores  $20d-1, 20d-2, \dots, 20d-N$  de formación de haz de enlace descendente pueden proporcionarse desde un sistema 200 de planificación de red como se debe analizar con respecto a la Figura 1d. La pluralidad de vectores  $20u-1, 20u-2, \dots, 20u-n$  de formación de haz de enlace ascendente y la pluralidad de vectores  $20d-1, 20d-2, \dots, 20d-N$  de formación de haz de enlace descendente pueden ser de formas de haz diferentes, como se representa en la Figura 1b. El uso de diferentes formas de haz puede, por ejemplo, ayudar con elementos de antena de polarización cruzada para mejorar una decorrelación de canales de polarización cruzada. La decorrelación mejorada de los canales de polarización cruzada ayudará a mejorar una calidad de transmisión y/o una calidad de recepción, si se aplica una entrada múltiple salida múltiple MIMO o transmisión de diversidad y/o recepción en los canales de polarización cruzada.

Suponiendo los escenarios de extensión, como se ha descrito anteriormente y un conjunto de antenas 1 de polarización cruzada de doble sesgo. Puede ser de interés para formar el haz con igual potencia en ambas de las polarizaciones cuando se inicia la extensión de la red. De esta manera se alcanzaría una máxima ganancia de antena y una máxima potencia de salida por el conjunto de antenas 1. En una fase posterior de la extensión podría introducirse una MIMO de dos vías usando la primera polarización y la segunda polarización del conjunto de antenas 1. Adicionalmente la presente divulgación desvela aplicar diferentes vectores de formación de haz para cada una de la primera polarización y la segunda polarización de las señales de MIMO de dos vías. En consecuencia se mejora el rendimiento de MIMO. El conjunto de antenas puede subdividirse lógicamente en el subconjunto del conjunto de antenas 1, por ejemplo, en cuatro subconjuntos en incluso una fase posterior de la extensión. Uno individual de los sub-conjuntos se forma, por ejemplo, mediante la mitad superior de los elementos  $11-1, 11-2, \dots, 11-j$  de antena de la primera polarización, un segundo subconjunto puede formarse a su vez mediante los restantes de los elementos  $11-1, 11-2, \dots, 11-j$  de antena de la primera polarización. De manera similar puede formarse un subconjunto adicional mediante la mitad superior de los elementos  $11-1, 11-2, \dots, 11-j$  de antena de la segunda polarización y puede formarse un cuarto subconjunto mediante la mitad inferior de los elementos  $11-1, 11-2, \dots, 11-j$  de antena de la segunda polarización. Cada uno de los cuatro subconjuntos, en el ejemplo dado, reenvía una señal de MIMO de transmisión y/o una señal de MIMO de recepción. El conjunto de antenas 1 es ahora capaz de soportar MIMO de cuatro vías, en el ejemplo dado anteriormente. La conformación de haz puede ajustarse independientemente para cada uno de los subconjuntos, es decir los factores de enlace ascendente y/o los factores de enlace descendente pueden seleccionarse independientemente. Se apreciará que si se mejora la decorrelación de MIMO de 4 vías entre los unos diferentes de los subconjuntos de los elementos  $11-1, 11-2, \dots, 11-j$  de antena se mejorará la versatilidad del conjunto de antenas.

La selección del uno  $22u$  individual de la pluralidad de vectores  $20u-1, 20u-2, \dots, 20u-N$  de formación de haz de enlace ascendente y el uno  $22d$  individual de la pluralidad de vectores  $20d-1, 20d-2, \dots, 20d-N$  de formación de haz de enlace descendente puede llevarse a cabo mediante el módulo de planificación de red local 70. Adicionalmente o como alternativa el uno  $22u, 22d$  individual de la pluralidad de vectores  $22u-1, 22u-2, \dots, 22u-n$  de formación de haz de enlace ascendente y de la pluralidad de vectores  $20d-1, 20d-2, \dots, 20d-N$  de formación de haz de enlace descendente pueden llevarse a cabo mediante un sistema 200 de planificación de red como se muestra en la Figura 1d. Se apreciará por un experto en la materia que pueden aplicarse diferentes criterios de optimización de red para el reenvío de enlace ascendente y/o el reenvío de enlace descendente, dado que los factores  $cu-1, cu-2, \dots, cu-j$  de enlace ascendente y/o los factores  $cd-1, cd-2, \dots, cd-j$  de enlace descendente son independientemente seleccionables. El reenvío de enlace ascendente puede optimizarse para cobertura, mientras que el reenvío de enlace descendente se está optimizando para capacidad seleccionando los vectores de formación de haz apropiados en el reenvío de enlace ascendente y el reenvío de enlace descendente independientemente, como se ha mencionado anteriormente. Por lo tanto, se aumenta considerablemente un grado de independencia cuando se optimiza la planificación de red.

Los  $j$  elementos  $11-1, 11-2, \dots, 11-j$  de antena pueden formar un conjunto lógico que incluye todos los elementos  $11-1, 11-2, \dots, 11-j$  de antena. Cualquier subconjunto de  $i$  elementos  $11-1, 11-2, \dots, 11-j$  de antena puede formar un subconjunto para  $i \leq j$ . Cada conjunto o subconjunto puede tener al menos uno o múltiples, por ejemplo  $N > 1$ , vectores de formación de haz para el enlace ascendente  $20u-1, 20u-2, \dots, 20u-N$ . Cada conjunto o subconjunto puede tener también  $N$  vectores de formación de haz para el enlace descendente  $20d-1, 20d-2, \dots, 20d-N$ . Los vectores de formación de haz para el enlace ascendente  $20u-1, 20u-2, \dots, 20u-N$  y los vectores de formación de haz para el enlace descendente  $20d-1, 20d-2, \dots, 20d-N$  se proporcionan al conjunto de antenas 1 mediante el enlace 55 desde, por ejemplo, el módulo de planificación de red local 70 (véase Figura 1c). Algunas de las señales recibidas mediante los elementos  $11-1, 11-2, \dots, 11-j$  de antena pueden combinarse, por ejemplo, usando técnicas como una combinación de relación máxima, para beneficiarse de la diversidad, para aquellos casos en los que únicamente se proporcionan  $M$  señales con  $M < N$  al conjunto de antenas 1. Por lo tanto el conjunto de antenas 1 está adaptado para mapear  $j$  o  $i$  de los elementos  $11-1, 11-2, \dots, 11-j$  de antena para  $N$  o  $M$  señales recibidas.

Se ha entender que la presente divulgación proporciona varias variantes de procesamiento de señal. Las  $N$  o  $M$  señales proporcionadas al conjunto de antenas 1 pueden comprender fuentes separadas para diferentes señales, tal como diferentes señales en diferentes portadoras. La separación de las diferentes señales se mejorará adicionalmente mediante la formación de haz de la divulgación, como se ha descrito anteriormente.

Adicionalmente, para el enlace ascendente es posible redirigir señales idénticas al conjunto de antenas 1. En una situación de este tipo la formación de haz proporcionará una separación de los usuarios en la celda 10. La separación de los usuarios se consigue, por ejemplo, mediante sectorización vertical.

- 5 El conjunto de antenas 1 está adaptado para seleccionar el uno 22u individual de la pluralidad de vectores 20u-1, 20u-2, ..., 20u-N de formación de haz de enlace ascendente y el uno 22d individual de los vectores 20d-1, 20d-2, ..., 20d-N de formación de haz de enlace descendente. Un conocimiento local 60 acerca de la celda 10 puede usarse para seleccionar los factores cu-1, cu-2, ..., cu-j de enlace ascendente para el uno 22-u individual de los vectores 20-u de formación de haz de enlace ascendente. De manera similar el conocimiento local 60 puede usarse para seleccionar los factores cd-1, cd-2, ..., cd-j de enlace descendente para el uno 22-d individual de los vectores 20-d de formación de haz de enlace descendente. Debería ser posible obtener una pluralidad más adecuada de vectores 20u-1, 20u-2, ..., 20u-N de formación de haz de enlace ascendente y/o una pluralidad más adecuada de vectores 20d-1, 20d-2, ..., 20d-N de formación de haz de enlace descendente para reenviar señales de radio en la celda 10 a partir de una topología 62 de la celda 10. La topología 62 puede usarse para decidir si la celda 10 está localizada en una zona circundante urbana o en su lugar una zona circundante rural a partir del conocimiento local 60. Los factores cu-1, cu-2, ..., cu-j de enlace ascendente y/o los factores cd-1, cd-2, ..., cd-j de enlace descendente pueden basarse en una localización del conjunto de antenas 1. Se ha de entender, que los factores complejos pueden almacenarse en el conjunto de antenas 1 y aplicarse al conjunto de antenas 1. Se apreciará por un experto en la materia que los factores cu-1, cu-2, ..., cu-j de enlace ascendente y/o los factores cd-1, cd-2, ..., cd-j de enlace descendente proporcionan una libertad sustancial en dirigir y conformar el haz de enlace ascendente y/o el haz de enlace descendente. La libertad aumentada ayudará a adaptar el conjunto de antenas 1 para cualquier cambio en las zonas circundantes del conjunto de antenas 1, concretamente cualquier cambio en propiedades de dispersión de las zonas circundantes. Normalmente, las señales de radio reenviadas entre el conjunto de antenas 1 y un usuario U1 se dispersan varias veces y alcanzan el microteléfono y/o el conjunto de antenas 1 después de haber recorrido una pluralidad de trayectorias. Si la pluralidad de trayectorias disponibles cambia sustancialmente, por ejemplo por un edificio de pisos, que está construido en las cercanías de o en la celda 10, esto afectará considerablemente cualquier dispersión en la celda 10. En la técnica anterior el operador de la red de comunicación móvil no tenía medios para reaccionar a este tipo de cambios distintos de enviar un ingeniero de servicio al conjunto de antenas 1 que sustituya el conjunto de antenas antiguo con un nuevo conjunto de antenas que tenga diferentes características de transferencia. La presente divulgación permite modificar los factores cu-1, cu-2, ..., cu-j de enlace ascendente y/o los factores cd-1, cd-2, ..., cd-j de enlace descendente para encontrar los vectores 20u-1, 20u-2, ..., 20u-N de formación de haz de enlace ascendente más adecuados y/o un vector 20d-1, 20d-2, ..., 20d-N de formación de haz de enlace descendente más adecuado.
- 35 Es posible aplicar más de un vector 20u-1, 20u-2, ..., 20u-N de formación de haz de enlace ascendente a señales de radio recibidas mediante los elementos 11-1, 11-2, ... 11-j de antena, para aplicar una ponderación a las señales de radio recibidas. En otras palabras es posible hacer que el conjunto de antenas 1 “busque” en más de una dirección cuando recibe señales de radio en el reenvío de enlace ascendente desde dentro de la celda 10. Se ha de entender que la aplicación de más de uno de los vectores 20u-1, 20u-2, ..., 20u-N de formación de haz de enlace ascendente puede hacerse como un procesamiento posterior de señales de radio recibidas mediante los elementos 11-1, 11-2, ...11-j de antena. La aplicación de más de un vector 20u-1, 20u-2, ..., 20u-N de formación de haz de enlace ascendente a un conjunto de señales de radio recibidas en el reenvío de enlace ascendente en los elementos 11-1, 11-2, ..., 11-j de antena, puede requerir una cantidad adicional de procesamiento de datos y/o almacenamiento.
- 45 Con todos los factores cu-1, cu-2, ..., cu-j de enlace ascendente y/o los factores cd-1, cd-2, ..., cd-j de enlace descendente siendo independientemente ajustables, es concebible también, construir un patrón de haz que comprenda más de una región de máxima energía para el reenvío de enlace descendente y/o el reenvío de enlace ascendente. Uno ya no está restringido a dirigir una única forma de haz con únicamente un “punto” que comprende máxima energía con todos los factores cd-1, cd-2, ..., cd-j de enlace descendente siendo independientemente seleccionables. Los factores cd-1, cd-2, ..., cd-j de enlace descendente permiten proporcionar más de uno de los “puntos” en el haz reenviado mediante el conjunto de antenas 1. Como se ha mencionado anteriormente, unos varios de los “puntos” pueden conseguirse ajustando directamente todos los factores cd-1, cd-2.....cd-j de enlace descendente. Como una alternativa uno puede dividir lógicamente el conjunto de antenas 1 en unos varios de los subconjuntos de los elementos 11-1, 11-2, ...11-j de antena, como se ha explicado anteriormente. Se apreciará que los subconjuntos de los elementos 11-1, 11-2, ..., 11-j de antena pueden usarse para reenviar varios canales de enlace descendente. El uno individual de los subconjuntos de los elementos 11-1, 11-2, ...11-j de antena pueden usarse, sin limitación, para crear uno individual de los canales de enlace descendente. Los canales de enlace descendente pueden usarse para diferentes servicios proporcionándose a los usuarios de la red de comunicación móvil.
- 60 Se ha de entender que los vectores cu-1, cu-2, ..., cu-j de formación de haz de enlace ascendente y/o los vectores cd-1, cd-2, ..., cd-j de formación de haz de enlace descendente pueden aplicarse en una manera que varía con el tiempo. Por lo tanto la forma de haz usada para el reenvío de enlace ascendente y/o la forma de haz usada para el reenvío de enlace descendente puede variar con el tiempo. En otras palabras la forma de haz de enlace ascendente y/o la forma de haz de enlace descendente pueden variarse “al vuelo”, es decir sin interrumpir la operación del conjunto de antenas 1.

Sin ninguna limitación el conocimiento local 60 puede comprender una distribución de usuarios 64 en la celda 10. Se apreciará fácilmente por un experto en la materia que la distribución de usuarios 64 en la celda 10 puede comprender un promedio sobre la distribución 64 de los usuarios en la celda 10. Por ejemplo cerca de la salida de una estación de tren una población de usuarios estadísticamente tiende a ser más alta y más fluctuante que en un edificio de oficinas. De manera similar durante las horas de trabajo la distribución estadística de usuarios puede ser más alta en un edificio de oficinas que lo sería durante los tiempos de noche. Puede ser de interés proporcionar un patrón de haz de alta ganancia durante los tiempos de noche. Usando el patrón de haz de alta ganancia durante la noche puede permitir la conmutación de sectores adyacentes de la celda 10 así como sectores de celdas 10 adyacentes. El uso de la forma de haz de alta ganancia en el tiempo de noche ayudaría a ahorrar energía estando unas adyacentes de las celdas apagadas. Al mismo tiempo la cobertura de ambos sectores de celda de las celdas 10 adyacentes se aseguraría mediante una estrategia de este tipo. El módulo de planificación de red local 70 puede usarse para proporcionar una estadística acerca de la distribución de usuarios 64 en la celda 10. La estadística acerca de la distribución de usuarios 64 en la celda 10 puede proporcionarse aplicando unos varios de los vectores 20u-1, 20u-2, ..., 20u-N de formación de haz de enlace ascendente a los unos individuales de los elementos 11-1, 11-2, ...11-j de antena para identificar la dirección, y/o la forma de haz adaptada para recopilar estadísticamente la potencia más grande de señales de radio. Sin ninguna limitación la distribución 64 de los usuarios 64 puede proporcionarse mediante el sistema de planificación de red como se explicará con respecto a la figura 1d.

El conocimiento local 60 acerca de la celda 10 puede comprender adicionalmente una estadística de una calidad de servicio proporcionada a los usuarios en la celda 10. La calidad de servicio puede usarse para determinar si el conocimiento local 60 usado para seleccionar los unos 22u, 22d individuales de la pluralidad de vectores 20u-1, 20u-2, ..., 20u-N de formación de haz de enlace ascendente y la pluralidad de vectores 20d-1, 20d-2, ..., 20d-N de formación de haz de enlace descendente refleja apropiadamente aún la situación en la celda 10. Se apreciará fácilmente por un experto en la materia que el módulo de planificación de red local 70 y adicionalmente o como alternativa el sistema 200 de planificación de red están adaptados para aprender acerca de cambios en la celda 10.

Existen varias otras maneras de representar el conocimiento local 60 acerca de la celda 10. Una posibilidad para expresar el conocimiento local 60 es representar el conocimiento local 60 mediante parámetros de calidad. Los parámetros de calidad comprenden sin ninguna limitación al menos uno de una intensidad pu-1, pu-2, ..., pu-N de señales recibidas para la pluralidad de vectores 20u-1, 20u-2, ..., 20u-N de formación de haz de enlace ascendente, una intensidad pd-1, pd-2, ..., pd-N de señal recibida para la pluralidad de vectores 20d-1, 20d-2, ..., 20d-N de formación de haz de enlace descendente, una relación entre señal a ruido e interferencia SINR-u1, SINR-u2, ..., SINR-uN para la pluralidad de vectores 20u-1, 20u-2, ..., 20u-N de formación de haz de enlace ascendente, una relación entre señal a ruido e interferencia SINR-d1, SINR-d2, ..., SINR-dN para la pluralidad de vectores 20d-1, 20d-2, ..., 20d-N de formación de haz de enlace descendente, un área 66u-1, 66u-2,... 66u-N de cobertura para la pluralidad de vectores 20u-1, 20u-2, ..., 20u-N de formación de haz de enlace ascendente y un área 66d-1, 66d-2,... 66d-N de cobertura para la pluralidad de vectores 20d-1, 20d-2, ..., 20d-N de formación de haz de enlace descendente, una relación entre señal a ruido e interferencia SINR-Nu1, SINR-Nu2, ..., SINR-NuN normalizada para el área de cobertura para 66u-1, 66u-2, ..., 66u-N para la pluralidad de vectores 20u-1, 20u-2, ..., 20u-N de formación de haz de enlace ascendente, una relación entre señal a ruido e interferencia SINR-Nd1, SINR-Nd2, ..., SINR-NdN normalizada para el área de cobertura para 66d-1, 66d-2, ..., 66d-N para la pluralidad de vectores 20d-1, 20d-2, ..., 20d-N de formación de haz de enlace descendente. Al menos uno del conjunto de antenas 1, el módulo de planificación de red local 70 y un sistema 200 de planificación de red (véase más adelante) está adaptado para controlar y actualizar el conocimiento local 60 acerca de la celda 10; y por lo tanto los parámetros de calidad de la celda 10.

Una opción adicional de representar el conocimiento local 60 puede comprender un conocimiento acerca de una potencia de transmisión requerida y una ganancia de antena para seleccionar el más apropiado de los vectores 20d-1, 20d-2,...20d-N de formación de haz de enlace descendente. El conocimiento acerca de la potencia de transmisión requerida y la ganancia de antena puede basarse, por ejemplo, en potencia isotrópica radiada equivalente (EIRP) de los elementos 11-1, 11-2,... 11-j de antena, como se conoce en la técnica. Teniendo la EIRP en cuenta puede proporcionar mayor eficacia al usar amplificadores de potencia. Esto es debido a que la EIRP proporciona mayor margen para los amplificadores de potencia. Uno puede ser capaz de evitar que todos los amplificadores de potencia se ejecuten a plena carga. Se ha de entender que el concepto del conocimiento local 60 como se ha mencionado en el presente documento puede comprender siempre tener en cuenta la EIRP de los elementos 11-1, 11-2,...11-j de antena.

El control del conocimiento local 60 acerca de las celdas 10 ofrece nuevas posibilidades a los proveedores de red para optimizar la calidad de servicio proporcionada a los clientes en la celda 10 de la red de comunicación 500. El control del conocimiento local 60 puede conseguirse observando y controlando los parámetros de calidad de la celda 10.

Se apreciará por un experto en la materia que el conjunto de antenas 1 puede usarse también en una red de comunicación 500 que comprende una pluralidad de elementos 1-1, 1-2, ..., 1-N de antena. El control en la red de comunicación 500 puede comprender también un control del conocimiento local 60 y por lo tanto los parámetros de calidad para cada uno de los conjuntos 1-1, 1-2, ..., 1-N de antenas. Adicionalmente puede usarse un cálculo de una

matriz de covarianza de señal espacial para formar los patrones de haz de la pluralidad de vectores  $20u-1, 20u-2, \dots, 20u-N$  de formación de haz de enlace ascendente y la pluralidad de vectores  $20d-1, 20d-2, \dots, 20d-N$  de formación de haz de enlace descendente extrayendo información espacial desde una matriz de covarianza espacial. Una matriz de covarianza comprenderá correlaciones entre uno individual de los elementos  $11-1, 11-2, \dots, 11-j$  de antena, como se presenta en la Figura 1a. La matriz de covarianza espacial comprenderá en su diagonal las auto-correlaciones de una señal de radio recibida en uno individual de los elementos  $11-1, 11-2, \dots, 11-j$  de antena. Las correlaciones cruzadas desde un elemento  $11-1, 11-2, \dots, 11-j$  de antena a otro elemento  $11-1, 11-2, \dots, 11-j$  de antena se representarán en posiciones de fuera de la diagonal. La matriz de covarianza puede usarse para obtener esos vectores  $20u-1, 20u-2, \dots, 20u-N$  de formación de haz de enlace ascendente produciendo una mínima correlación cruzada entre los unos individuales de los elementos  $11-1, 11-2, \dots, 11-j$  de antena. El análisis de covarianza es conocido en el campo y no se analizará adicionalmente.

Un experto en la materia apreciará adicionalmente que puede ser conveniente almacenar una pluralidad de los vectores  $20u-1, 20u-2, \dots, 20u-N$  de formación de haz de enlace ascendente, representados mediante los factores  $cu-1, cu-2, \dots, cu-j$  de enlace ascendente, para cada uno de los elementos  $11-1, 11-2, \dots, 11-j$  de antena en un almacenamiento o memoria del conjunto de antenas 1. De manera similar los vectores  $20d-1, 20d-2, \dots, 20d-N$  de formación de haz de enlace descendente, representados mediante los factores  $cd-1, cd-2, \dots, cd-j$  de enlace descendente para cada uno de los elementos  $11-1, 11-2, \dots, 11-j$  de antena, pueden almacenarse en el almacenamiento del conjunto de antenas 1. El número de vectores de formación de haz disponible para el conjunto de antenas 1 está sustancialmente limitado por el tamaño del almacenamiento proporcionado con el conjunto de antenas 1.

Puede ser conveniente tener un conjunto de vectores  $20u-1, 20u-2, \dots, 20u-N$  de formación de haz de enlace ascendente pre-calculado y un conjunto de vectores  $20d-1, 20d-2, \dots, 20d-N$  de formación de haz de enlace descendente pre-calculado ya presentes en el conjunto de antenas 1. Puede ser de interés seleccionar los vectores de formación de haz de enlace ascendente pre-calculados y los vectores de formación de haz de enlace descendente calculados previamente de manera que ya se cubre la mayoría de las situaciones de dispersión. Adicionalmente el conjunto de antenas 1 puede adaptarse para calcular nuevos vectores de formación de haz basándose en la matriz de covarianza como se ha analizado anteriormente.

Sin ninguna limitación es posible para los unos  $22u-1, 22u-2, \dots, 22u-N$  individuales de la pluralidad de vectores  $20u-1, 20u-2, \dots, 20u-N$  de formación de haz de enlace ascendente y los unos  $22d-1, 22d-2, \dots, 22d-N$  individuales de la pluralidad de vectores  $20d-1, 20d-2, \dots, 20d-N$  de formación de haz de enlace descendente ser sustancialmente idénticos. La pluralidad de vectores  $20u-1, 20u-2, \dots, 20u-N$  de formación de haz de enlace ascendente y la pluralidad de vectores  $20d-1, 20d-2, \dots, 20d-N$  de formación de haz de enlace descendente pueden comprender patrones de haz con ángulos de inclinación  $\Theta$  que varían, como se ha explicado con respecto a la Figura 1a.

Obviamente se aumentará una flexibilidad de vectores de formación de haz en la dirección de azimut cuando se proporcione más de un elemento  $11-1$  de antena en la dirección horizontal. Si por ejemplo el conjunto de antenas 1 únicamente comprende una matriz de  $1 \times 2$ , por ejemplo que comprende los elementos  $11-3$  y  $11-4$  de antena como se muestra en la Figura 1a, se reducirá la flexibilidad al alcanzar las direcciones de azimut variable indicadas mediante  $P1$  y  $P2$  y  $P6$  y  $P5$ . Uno puede por lo tanto proporcionar la matriz  $n \times m$  con  $n$  y  $m$  iguales o mayores a 2. Como alternativa uno puede proporcionar una matriz  $n \times 1$  que es capaz de cambiarse de una dirección vertical a una dirección horizontal para proporcionar esos vectores de formación de haz que proporcionan la variación de haz de la dirección de azimut, como se ha explicado anteriormente.

Se ha de entender que la pluralidad de vectores  $20u-1, 20u-2, \dots, 20u-N$  de formación de haz de enlace ascendente puede producir patrones de haz de una primera polarización  $24u$  y la pluralidad de vectores  $20d-1, 20d-2, \dots, 20d-N$  de formación de haz de enlace descendente puede producir una segunda polarización  $24d$ . La primera polarización  $24u$  y la segunda polarización  $24d$  pueden ser sustancialmente ortogonales. La primera polarización  $24u$  y la segunda polarización  $24d$  pueden ayudar adicionalmente a reducir las correlaciones cruzadas en la matriz de covarianza.

Se deberá entender que las celdas 10 y el conjunto de antenas 1 de las Figuras 1b y 1c como se ha analizado, pueden usarse para formar una red de comunicación 500 como se muestra en la Figura 1d que comprende una pluralidad de las celdas  $10-1, 10-2, \dots, 10-N$ . Cada una de las celdas  $10-1, 10-2, \dots, 10-N$  comprende al menos un conjunto  $1-1, 1-2, \dots, 1-N$  de antena. En la Figura 1d existen únicamente cuatro celdas  $10-1, 10-2, \dots, 10-N$  representadas. Por supuesto la red de comunicación 500 puede extenderse a cualquier número integral de las celdas  $N$ . De manera similar, la Figura 1d únicamente representa cuatro diferentes de los conjuntos  $1-1, 1-2, 1-3, \dots, 1-N$  de antena. Sin ninguna limitación más de uno de los conjuntos  $1-1, 1-2, \dots, 1-N$  de antena puede estar presente en cada una de las celdas  $10-1, 10-2, \dots, 10-N$ . Cada uno de los conjuntos  $1-1, 1-2, 1-3, \dots, 1-N$  de antena comprende un enlace  $50-1, 50-2, \dots, 50-n$ . El enlace  $50-1, 50-2, \dots, 50-N$  está adaptado para aceptar la pluralidad de vectores  $20u-1, 20u-2, \dots, 20u-n$  de formación de haz de enlace ascendente y la pluralidad de vectores  $20d-1, 20d-2, \dots, 20d-N$  de formación de haz de enlace descendente, como se ha analizado anteriormente.

La pluralidad de vectores  $20u-1, 20u-2, \dots, 20u-N$  de formación de haz de enlace ascendente y la pluralidad de

5 vectores 20d-1, 20d-2, ..., 20d-N de formación de haz de enlace descendente pueden proporcionarse mediante un sistema 200 de planificación de red como se muestra en la Figura 1d. De manera similar y sin ninguna limitación cada uno de los conjuntos 1-1, 1-2, 1-3..., 1-N de antenas puede proporcionarse con un módulo 70-1, 70-2, ..., 70-N de planificación de red local, que proporciona la pluralidad de vectores 22u-1, 22u-2, ..., 20u-N de formación de haz de enlace ascendente y la pluralidad de vectores 20d-1, 20d-2, ..., 20d-N de formación de haz de enlace descendente a cada uno de los elementos 1-1, 1-2, ..., 1-N de antena. Los módulos 70-1, 70-2, ..., 70-N de planificación de red local pueden acoplarse al sistema 200 de planificación de red para mantener la red de comunicación 500 no basándose únicamente en el conocimiento 60-1, 60-2, ..., 60-N local acerca de las celdas 10-1, 10-2, 10-3..., 10-N sino también basándose en un conocimiento 600 local acerca de la red 500.

10 En la Figura 1d el sistema 200 de planificación de red proporciona los unos individuales de la pluralidad de vectores 22u-1, 22u-2, ..., 22u-N de formación de haz de enlace ascendente y/o los unos individuales de la pluralidad de vectores 22d-1, 22d-2, ..., 22d-N de formación de haz de enlace descendente a los conjuntos 1-1, 1-2, ..., 1-N de antenas. Sin ninguna limitación el sistema 200 de planificación de red puede también proporcionar la pluralidad de vectores 20u-1, 20u-2, ..., 20u-N de formación de haz de enlace ascendente y/o la pluralidad de vectores 20d-1, 20d-2, ..., 20d-N de formación de haz de enlace descendente a los conjuntos 1-1, 1-2, ..., 1-N de antena usando los enlaces 55-1, 55-2, ..., 55-N. Los unos individuales de la pluralidad de vectores 22u-1, 22u-2, ..., 22u-N de formación de haz de enlace ascendente y/o los unos individuales de la pluralidad de vectores 22d-1, 22d-2, ..., 22d-N de formación de haz de enlace descendente pueden a continuación seleccionarse en respuesta a una señal de control redirigida a los enlaces 55-1, 55-2, ..., 55-N, que desencadena la selección de los unos 22u-1, 22u-2, ..., 22u-N individuales de la pluralidad de vectores 20u-1, 20u-2, ..., 20u-N de formación de haz de enlace ascendente y/o los unos 22d-1, 22d-2, ..., 22d-N individuales de la pluralidad de vectores 20d-1, 20d-2, ..., 20d-N de formación de haz de enlace descendente en los conjuntos 1-1, 1-2, 1-3..., 1-N de antenas, por ejemplo, usando los módulos 70-1, 70-2, ..., 70-N de planificación de red local.

25 Se ha de entender, que el sistema 200 de planificación de red está adaptado para seleccionar independientemente los unos 22u-1, 22u-2, ..., 22u-N individuales de la pluralidad de vectores 20u-1, 20u-2, ..., 20u-N de formación de haz de enlace ascendente para la pluralidad de conjuntos 1-1, 1-2, ..., 1-N de antenas de la red de comunicación 500. La selección de los unos 22u-1, 22u-2, ..., 22u-N individuales de las pluralidades de vectores 20u-1, 20u-2, ..., 20u-N de formación de haz de enlace ascendente, corresponde a proporcionar los factores cu-1, cu-2, ..., cu-j de enlace ascendente a cada uno de los elementos 11-1, 11-2, ..., 11-j de antena de los conjuntos 1-1, 1-2, ..., 1-N de antenas de la red de comunicación 500. Sin ninguna limitación el sistema 200 de planificación de red puede únicamente proporcionar los unos 22u-1, 22u-2, ..., 22u-N individuales de los vectores 20u-1, 20u-2, ..., 20u-N de formación de haz de enlace ascendente a únicamente algunos de los elementos 1-1, 1-2, 1-3..., 1-N de antena de la red 500. El sistema 200 de planificación de red está adaptado adicionalmente para seleccionar independientemente los unos 22d-1, 22d-2, ..., 22d-N individuales de la pluralidad de vectores 20d-1, 20d-2, ..., 20d-N de formación de haz de enlace descendente para los conjuntos 1-1, 1-2, ..., 1-N de antenas de la red de comunicación 500. La selección independiente de los unos 22d-1, 22d-2, ..., 22d-N individuales de la pluralidad de vectores 20d-1, 20d-2, ..., 20d-N de formación de haz de enlace descendente para los conjuntos 1-1, 1-2, ..., 1-N de antenas corresponde a proporcionar los factores cd-1, cd-2, ..., cd-j de enlace descendente para los elementos 11-1, 11-2, ..., 11-j de antena, para cada uno de los conjuntos 1-1, 1-2, ..., 1-N de antenas. Sin ninguna limitación el sistema 200 de planificación de red puede únicamente proporcionar los unos 22d-1, 22d-2, ..., 22d-N individuales de los vectores 20d-1, 20d-2, ..., 20d-N de formación de haz de enlace descendente a únicamente algunos de los elementos 1-1, 1-2, 1-3..., 1-N de antena de la red 500. El sistema 200 de planificación de red puede usar un conocimiento 600 local acerca de la red 500 para la selección de los unos 22u-1, 22u-2, ..., 22u-N individuales de la pluralidad de vectores 20u-1, 20u-2, ... 20u-N de formación de haz de enlace ascendente y los unos individuales la pluralidad de vectores 22d-1, 22d-2, ..., 22d-N de formación de haz de enlace descendente de la pluralidad de vectores 20d-1, 20d-2, ..., 20d-N de formación de haz de enlace descendente.

50 Se ha de entender que el conocimiento 600 local acerca de la red 500 no comprende únicamente el conocimiento local 60 acerca de una individual de las celdas 10-1, 10-2, ..., 10-N de la red 500. Por el contrario; el conocimiento 600 local acerca de la red 500 puede comprender un conocimiento 60-1, 60-2, ..., 60-N local para todas las celdas 10-1, 10-2, ..., 10-N de la red de comunicación 500. La red de comunicación 500 puede comprender un módulo 655 divisor. El módulo 655 divisor está adaptado para proporcionar el conocimiento 60-1, 60-2, ..., 60-N local de las celdas 10-1, 10-2, ..., 10-N de la red 500 basándose en el conocimiento 600 local de la red 500. El conocimiento 600 local acerca de la red 500 puede comprender una topología de la red 500. La topología de la red 500 puede definirse como una topología 62-1, 62-2, ..., 62-n (no mostrada) de las celdas 10-1, 10-2, ..., 10-N. Adicionalmente el conocimiento 600 local acerca de la red 500 puede comprender una distribución 64-1, 64-2, ..., 64-N de usuarios en las celdas 10-1, 10-2, ..., 10-N. El conocimiento 600 local puede expresarse adicionalmente como los parámetros de calidad de las celdas 10-1, 10-2, ..., 10-N de la red 500 como se ha definido anteriormente.

65 El módulo 655 divisor de conocimiento local proporciona el conocimiento 60-1, 60-2, ..., 60-N local de las celdas 10-1, 10-2, ..., 10-N al sistema 200 de planificación de red. Sin ninguna limitación el módulo 655 divisor de conocimiento local puede incorporarse en el sistema 200 de planificación de red.

La Figura 1e muestra detalles acerca del sistema 200 de planificación de red. El sistema 200 de planificación de red

está adaptado para proporcionar al menos uno de los conjuntos 1-1, 1-2, 1-3..., 1-N de antenas la pluralidad de vectores 20u-1, 20u-2, ..., 20u-N de formación de haz de enlace ascendente, la pluralidad de vectores 20d-1, 20d-2, ..., 20d-N de formación de haz de enlace descendente, los unos 22u-1, 22u-2, ..., 22u-N individuales de la pluralidad de vectores 20u-1, 20u-2, ..., 20u-N de formación de haz de enlace ascendente y los unos 22d-1, 22d-2, ..., 22d-N individuales de la pluralidad de vectores 20d-1, 20d-2, ..., 20d-N de formación de haz de enlace descendente. El aspecto del sistema 200 de planificación de red como se muestra en la Figura 1e está adaptado para proporcionar los vectores de formación de haz a los enlaces 50-1, 50-2, ..., 50-N de las celdas 10-1, 10-2, ..., 10-N de la red 500. Como se ha mencionado anteriormente los unos 22u-1, 22u-2, ..., 22u-N individuales de la pluralidad de vectores 20u-1, 20u-2, ..., 20u-N de formación de haz de enlace ascendente se representan mediante los factores cu-1, cu-2, ..., cu-j de enlace ascendente para cada uno de los elementos 11-1, 11-2, ..., 11-j de antena de los conjuntos 1-1, 1-2, ..., 1-N de antenas. De manera similar los unos individuales de los unos 22d-1, 22d-2, ..., 22d-N individuales de la pluralidad de vectores 20d-1, 20d-2, ..., 20d-N de formación de haz de enlace descendente para los conjuntos 1-1, 1-2, ..., 1-N de antena se representan mediante los sectores cd-1, cd-2, ..., cd-j de enlace descendente para cada uno de los elementos 11-1, 11-2, ..., 11-j de antena de los conjuntos 1-1, 1-2, ..., 1-N de antenas. Por lo tanto puede ser suficiente proporcionar los factores cu-1, cu-2, ..., cu-j y cd-1, cd-2, ..., cd-j complejos para cada uno de los elementos 11-1, 11-2, ..., 11-j de antena para los conjuntos 1-1, 1-2, ..., 1-N de antenas. Todas las entidades del sistema 200 de planificación de red están acopladas entre sí y en comunicación entre sí. El sistema 200 de planificación de red usa el conocimiento 600 local acerca de la red 500.

El conocimiento 600 local acerca de la red 500 puede expresarse en términos de parámetros de calidad de una pluralidad de conjuntos 1-1, 1-2, 1-3..., 1-N de antena. Para cada uno de los conjuntos 1-1, 1-2, 1-3..., 1-N de antena los parámetros de calidad comprenden sin ninguna limitación al menos uno de una intensidad pu-1, pu-2, ..., pu-N de señales recibidas para la pluralidad de vectores 20u-1, 20u-2, ..., 20u-N de formación de haz de enlace ascendente, una intensidad pd-1, pd-2, ..., pd-N de señal recibida para la pluralidad de vectores 20d-1, 20d-2, ..., 20d-N de formación de haz de enlace descendente, una relación entre señal a ruido e interferencia SINR-u1, SINR-u2, ..., SINR-uN para la pluralidad de vectores 20u-1, 20u-2, ..., 20u-N de formación de haz de enlace ascendente, una relación entre señal a ruido e interferencia SINR-d1, SINR-d2, ..., SINR-dN para la pluralidad de vectores 20d-1, 20d-2, ..., 20d-N de formación de haz de enlace descendente, el área 66u-1, 66u-2, ... 66u-N de cobertura para la pluralidad de vectores 20u-1, 20u-2, ..., 20u-N de formación de haz de enlace ascendente y un área 66d-1, 66d-2, ... 66d-N de cobertura para la pluralidad de vectores 20d-1, 20d-2, ..., 20d-N de formación de haz de enlace descendente, una relación entre señal a ruido e interferencia SINR-Nu1, SINR-Nu2, ..., SINR-NuN normalizada para el área de cobertura para 66u-1, 66u-2, ..., 66u-N para la pluralidad de vectores 20u-1, 20u-2, ..., 20u-N de formación de haz de enlace ascendente, una relación entre señal a ruido e interferencia SINR-Nd1, SINR-Nd2, ..., SINR-NdN normalizada para el área de cobertura para 66d-1, 66d-2, ..., 66d-N para la pluralidad de vectores 20d-1, 20d-2, ..., 20d-N de formación de haz de enlace descendente.

Al menos uno de los conjuntos 1-1, 1-2, ..., 1-N de antenas, los módulos 70-1, ..., 70-N de planificación de red local y el sistema 200 de planificación de red están adaptados para controlar y actualizar el conocimiento 600 local acerca de la red 500 y por lo tanto los parámetros de calidad de la celda 10-1, 10-2, ..., 10-N.

El sistema 200 de planificación de red comprende adicionalmente un módulo 620 de actualización para actualizar el conocimiento 600 local acerca de la red de comunicación 500.

El módulo 655 divisor de conocimiento local está adaptado para dividir el conocimiento 600 local acerca de la red 500 en el conocimiento 60-1, 60-2, ..., 60-N local de las celdas 10-1, 10-2, ..., 10-N de la red 500. A partir del conocimiento 600 local acerca de la red 500 puede proporcionarse un conocimiento 60-1, 60-2, ..., 60-N local acerca de una topología 62-1, 62-2, ..., 62-N. Adicionalmente, se proporciona una distribución 64-1, 64-2, ..., 64-N de los usuarios en las celdas 10-1, 10-2, ..., 10-N de la red 500. Adicionalmente, a partir del conocimiento 600 local se proporciona un área 66u-1, 66u-2, ..., 66u-N de cobertura para la pluralidad de vectores 20u-1, 20u-2, ..., 20u-N de formación de haz de enlace ascendente así como un área 66d-1, 66d-2, ..., 66d-N de cobertura para los vectores 20d-1, 20d-2, ..., 20d-N de formación de haz de enlace descendente. El sistema 200 de planificación de red está adaptado adicionalmente para seleccionar la pluralidad de vectores 20u-1, 20u-2, ..., 20u-N de formación de haz de enlace ascendente y la pluralidad de vectores 20d-1, 20d-2, ..., 20d-N de formación de haz de enlace descendente independientemente, como se ha desvelado anteriormente.

Los unos 22u-1, 22u-2, ..., 22u-N individuales de la pluralidad de vectores 20u-1, 20u-2, ..., 20u-N de formación de haz de enlace ascendente y los unos 22d-1, 22d-2, ..., 22d-N individuales de los vectores 20d-1, 20d-2, ..., 20d-N de formación de haz de enlace descendente se proporcionan mediante el sistema 200 de planificación de red. El sistema 200 de planificación de red puede proporcionar adicionalmente una potencia recibida en el enlace ascendente pu-1, pu-2, ..., pu-N y una potencia recibida en el enlace descendente pd-1, pd-2, ..., pd-N. Obviamente la potencia recibida en el enlace descendente se mediría mediante los microteléfonos de los usuarios, como se conoce en la técnica.

En la Figura 1e se presentan elementos del sistema 200 de planificación de red como acoplados comunicativamente entre sí. Se ha de entender que el sistema 200 de planificación de red puede implementarse de acuerdo con un aspecto como una unidad individual. Sin ninguna limitación los elementos del sistema 200 de planificación de red

pueden implementarse adicionalmente o como alternativa como parte de uno de los conjuntos 1-1, 1-2, ..., 1-N de antenas. Un experto en la materia entenderá fácilmente la libertad de diseño del sistema 200 de planificación de red con respecto a si el sistema 200 de planificación de red es un sistema distribuido o un sistema central.

5 La Figura 1f muestra un ejemplo del sistema de planificación de red local 70 que puede implementarse en el conjunto de antenas 1. El módulo de planificación de red local 70 comprende el conocimiento local 60 acerca de la celda 10. El módulo de planificación de red local 70 puede adaptarse para obtener una topología 62 de la celda 10 a partir del conocimiento local 60. El módulo de planificación de red local 70 puede adaptarse adicionalmente para proporcionar una distribución de usuarios 64 en la celda 10 basándose en el conocimiento local 60. El módulo 64 de conocimiento local puede adaptarse adicionalmente para proporcionar una potencia recibida para la pluralidad de vectores pu de formación de haz de enlace ascendente. El módulo de planificación de red local 70 puede adaptarse adicionalmente para proporcionar una potencia de recepción pd para la pd para los vectores 20d de formación de haz de enlace descendente, determinándose normalmente la potencia de recepción pd en el microteléfono de los usuarios. De manera similar un área 66u de cobertura para vectores 20u de formación de haz de enlace ascendente puede proporcionarse junto con el área 66d de cobertura para los vectores 20d de formación de haz de enlace ascendente. El módulo de planificación local 70 está acoplado al enlace 55 del conjunto de antenas 1 para proporcionar la pluralidad de vectores 20u de formación de haz de enlace ascendente y la pluralidad de vectores 20d de formación de haz de enlace descendente junto con el uno 22u individual de los vectores 20u de formación de haz de enlace ascendente y el uno 22d individual de los vectores 20d de formación de haz de enlace descendente al conjunto de antenas 1. El conocimiento local 60 puede obtenerse adicionalmente a partir del análisis de covarianza como se ha explicado anteriormente. El vector de formación de haz apropiado se usará para reenviar al hacer funcionar el conjunto de antenas 1 proporcionando los vectores de formación de haz al enlace 55.

La Figura 1f muestra un aspecto de un sistema 200' de planificación de red distribuida que está acoplado a los módulos 70-1, 70-2, ..., 70-N de planificación de red local como se muestra en la Figura 1f. El módulo 200' de planificación de red distribuida usará la comunicación con los módulos 70-1, 70-2, ..., 70-N de planificación de red local de las celdas 10-1, 10-2, ..., 10-N de la red 500 para actualizar un conocimiento 600 local acerca de la red 500. El conocimiento 600 local acerca de la red 500 puede usarse mediante el sistema 200' de planificación de red distribuida para proporcionar el módulo 70-1, 70-2, ..., 70-N de planificación de red local con la información requerida de modo que los módulos 70-1, 70-2, ..., 70-N de planificación de red local están adaptados para proporcionar la pluralidad de vectores 22u-1, 22u-2, ..., 22u-N de formación de haz de enlace ascendente y la pluralidad de vectores 22d-1, 22d-2, ..., 22d-N de formación de haz de enlace descendente a las celdas 10-1, 10-2, ..., 10-N de la red de comunicación 500 usando el conocimiento 600 local acerca de la red de comunicación 500.

35 Se ha de entender que el conjunto de antenas 1 puede implementarse también al menos parcialmente como un producto de programa informático de manera que un procesador está adaptado para proporcionar la funcionalidad del conjunto de antenas 1. De manera similar el sistema 200 de planificación de red puede proporcionarse al menos parcialmente como un programa informático que comprende instrucciones para que un procesador proporcione la funcionalidad del sistema 200 de planificación de red o del módulo 200' de planificación de red distribuida. Se ha de entender adicionalmente que el sistema 200 de planificación de red puede usarse independientemente de los conjuntos de antenas 1 o en combinación con los conjuntos 1-1, 1-2, 1-3..., 1-N de antenas.

La presente divulgación proporciona una red de comunicación 500 que comprende la pluralidad de los conjuntos 1-1, 1-2, ..., 1-N de antenas y el sistema 200 de planificación de red como se ha explicado anteriormente.

La presente divulgación proporciona adicionalmente un método 1000 para reenviar señales de radio en una celda 10 de una red de comunicación 500.

La Figura 2a representa un diagrama de flujo de un método 1000 para reenviar señales de radio en la celda 10 de la red de comunicación 500. El método 1000 comprende una etapa 1100 de generación de formas de haz para un reenvío de señales de radio en una celda de la red de comunicación 500 y una etapa de reenvío 1500 de señales de radio en la celda 10. Se ha de entender que la etapa 1100 de generación de formas de haz para un reenvío puede llevarse a cabo también como un método 1100 individual de generación de formas de haz para un reenvío en una celda 10 de la red de comunicación 500.

El método 1000 puede usar un conocimiento local 60 acerca de la celda 10. El conocimiento local 60 acerca de la celda 10 puede usarse para la generación 1100 de las formas de haz para el reenvío en la celda 10 y/o el reenvío 1500 de las señales de radio en la celda 10. El método 1000 comprende adicionalmente una etapa 1550 de control del reenvío 1500 de la celda 10.

En una etapa 1600 se determina si se requiere una etapa 1610 de actualización del conocimiento local 60 acerca de la celda 10. Si no se requiere etapa 1610 de actualización del conocimiento local 60, el método 1000 vuelve a la etapa 1500 de reenvío de las señales de radio en la celda 10. Se ha de entender que la actualización 1610 del conocimiento local 60 puede comprender un cambio del uno 22d seleccionado de la pluralidad de vectores de formación de haz de enlace ascendente y un cambio del uno 22u seleccionado de la pluralidad de vectores de formación de haz de enlace descendente. La actualización del uno 22u seleccionado de la pluralidad de vectores

20u de formación de haz de enlace ascendente y la actualización del uno 22d seleccionado de los vectores 22d de formación de haz de enlace descendente puede conseguirse mediante el análisis de covarianza de las correlaciones cruzadas entre unos individuales de los elementos 11-1, 11-2, ..., 11-j de antena, como se ha descrito anteriormente. La matriz de covarianza espacial puede usarse para obtener vectores de formación de haz de enlace ascendente óptimamente adecuados y/o vectores de formación de haz de enlace descendente óptimamente adecuados para el conjunto de antenas 1. La etapa de actualización 1610 puede comprender adicionalmente proporcionar una nueva pluralidad de vectores 20u-1, 20u-2, ..., 20u-N de formación de haz de enlace ascendente y una nueva pluralidad de vectores 20d-1, 20d-2, ..., 20d-N de formación de haz de enlace descendente. Si la etapa 1600 confirma que se requiere una actualización 1610 del conocimiento local 60, la etapa de actualización 1610 del conocimiento local 60 se lleva a cabo y el método 1000 vuelve a la etapa de generación 1100 de las formas de haz para el reenvío en la celda 10.

La Figura 2b muestra detalles de la generación 1100 de las formas de haz para el reenvío en la celda 10. Como se ha mencionado anteriormente la generación 1100 de las formas de haz para el reenvío en la celda 10 puede llevarse a cabo también como un método 1100 individual. La generación 1100 comprende una proporción 1050 del conocimiento local 60 acerca de la celda 10. El conocimiento local 60 acerca de la celda 10 puede proporcionarse mediante el módulo de planificación de red local 70 y/o el sistema 200 de planificación de red como se ha explicado anteriormente. El método comprende adicionalmente una provisión 1050 del conocimiento local 60 acerca de la celda 10. El conocimiento local 60 acerca de la celda 10 puede proporcionarse mediante el módulo de planificación de red local 70 y/o el sistema 200 de planificación de red como se ha explicado anteriormente. El método comprende adicionalmente una provisión 1200 de una pluralidad de vectores 20u de formación de haz de enlace ascendente. La pluralidad de vectores de formación de haz de enlace ascendente es seleccionable como una forma de haz de enlace ascendente para un reenvío de enlace ascendente. Se ha de entender que las etapas 1050, 1200 de selección de las pluralidades de vectores 20u, 20d de formación de haz de enlace ascendente y enlace descendente pueden usar el conocimiento local 60. Por ejemplo el conocimiento local 60 acerca de la celda 10 puede usarse para calcular una forma de formación de haz que es más probablemente adecuada para cubrir óptimamente el segmento de la celda 10 que pertenece al conjunto de antenas 1. Adicionalmente una estadística acerca de una distribución de usuarios 64 puede usarse para obtener las formas de formación de haz más adecuadas para el reenvío en la celda 10, como se ha explicado anteriormente.

Sin ninguna limitación el conocimiento local 60 puede representarse mediante los parámetros de calidad de las celdas 10 como se ha definido anteriormente.

En una etapa 1300 se proporciona la pluralidad de vectores 20d de formación de haz de enlace descendente. La pluralidad de vectores 20d de formación de haz de enlace descendente es seleccionable como una forma de haz de enlace descendente para un reenvío de enlace descendente. El conocimiento local 60 acerca de la celda 10 puede usarse para la selección del uno 22d individual de los vectores 20d de formación de haz de enlace descendente. En una etapa 1410 se selecciona uno 22u individual de la pluralidad de vectores 20u de formación de haz de enlace ascendente. La etapa 1300 puede implicar usar el conocimiento local 60 acerca de la celda 10. En una etapa 1420 se selecciona uno 22d individual de la pluralidad de vectores 20d de formación de haz de enlace descendente usando el conocimiento local 60 acerca de la celda 10. Como se ha explicado anteriormente la selección 1410 del uno 22u individual de los vectores 20u de formación de haz de enlace ascendente es independiente de la selección 1420 del uno 22d individual de la pluralidad de vectores 20d de formación de haz de enlace descendente.

La Figura 2c muestra detalles de la etapa 1500 de reenvío de señales de radio en la celda 10. La etapa 1510 comprende aplicar el uno 22u seleccionado de la pluralidad de vectores 20u de formación de haz de enlace ascendente al conjunto de antenas 1. La aplicación del uno 22u seleccionado de la pluralidad de vectores 20-u de formación de haz de enlace ascendente al conjunto de antenas 1 comprende aplicar los factores  $cu-1$ ,  $cu-2$ , ...,  $cuj$  de enlace ascendente a los elementos 11-1, 11-2, ..., 11-j de antena del conjunto de antenas 1. La etapa 1520 comprende una aplicación del uno 22u seleccionado de la pluralidad de vectores 20d de formación de haz de enlace descendente al conjunto de antenas 1. La aplicación 1520 del uno 22u seleccionado de la pluralidad de vectores 20d de formación de haz de enlace descendente comprende aplicar los factores  $cd-1$ ,  $cd-2$ , ...,  $cd-j$  de enlace descendente al elemento 11-1, 11-2, ..., 11-j de antena del conjunto de antenas 1. El uno 22u seleccionado de la pluralidad de vectores 20u de formación de haz de enlace ascendente y/o el uno 22d seleccionado de la pluralidad de vectores 20d de formación de haz de enlace descendente pueden proporcionarse al enlace 55 para aplicarse al conjunto de antenas 1. Los vectores de formación de haz que llegan al enlace 55 producirán una diferencia de fase apropiada y ponderación de amplitud entre los elementos 11-1, 11-2, ..., 11-j de antena individuales del conjunto de antenas 1. La provisión de diferencias de fase entre los elementos 11-1, 11-2, ..., 11-j de antena y la ponderación de amplitud entre los elementos de antena como tal es conocido en la técnica. Se apreciara por un experto en la materia que la presente divulgación proporciona una libertad sustancialmente aumentada en la aplicación de las diferencias de fase y las ponderaciones de amplitud a los elementos 11-1, 11-2, ..., 11-j de antena, ya que no se usa red pasiva para proporcionar los cambios de amplitud y de fase. La presente divulgación proporciona una ventaja sustancial sobre la técnica anterior debido a la libertad aumentada al seleccionar los cambios de fase y ponderaciones de amplitud.

La etapa 1550 (véase Figura 2a) de controlar el reenvío 1500 de las señales de radio en la celda 10 puede comprender medir una intensidad de señales recibidas pu en el conjunto de antenas 1 para la pluralidad de vectores 20u de formación de haz de enlace ascendente. Adicionalmente el control 1550 puede comprender al menos uno de:  
 5 determinar una distribución 64 de usuario en la celda 10, medir una intensidad pu de señal recibida para la pluralidad de vectores 20u de formación de haz de enlace ascendente, medir una intensidad de señal recibida para la pluralidad de vectores 20d de formación de haz de enlace descendente, comprendiendo normalmente una realimentación desde los microteléfonos que reciben las señales de radio reenviadas mediante el elemento 1 de antena, adicionalmente una relación entre señal a ruido e interferencia SINR-u para la pluralidad de vectores 20u de formación de haz de enlace ascendente, la relación entre señal a ruido e interferencia SINR-d para la pluralidad de vectores 20d de formación de haz de enlace descendente, un área 66u de cobertura para la pluralidad de vectores 20u de formación de haz de enlace ascendente, un área 66d de cobertura para la pluralidad de vectores 20d de formación de haz de enlace descendente, una relación entre señal a interferencia SINR-nu normalizada con respecto al área 66u de cobertura para la pluralidad de vectores 20u de formación de haz de enlace ascendente, una relación entre señal a ruido e interferencia SINR-nd normalizada con respecto al área 66d de cobertura para la pluralidad de vectores 20d de formación de haz de enlace descendente. El control 1550 puede comprender también una comparación con los valores más recientes para los parámetros de calidad de la celda 10 usando el uno 22u individual de la pluralidad de vectores 20u de formación de haz de enlace ascendente y el uno 22d individual de la pluralidad de vectores 20d de formación de haz de enlace descendente.

20 En otras palabras el control 1550 puede comprender controlar al menos uno de los parámetros de calidad. El control 1550 puede comprender adicionalmente un análisis de covarianza espacial para el conjunto de antenas 1. El análisis de covarianza puede permitir proporcionar vectores de formación de haz óptimamente adecuados. Los vectores de formación de haz óptimamente adecuados pueden interpretarse como un conjunto de base de vectores de formación de haz que reducen las correlaciones cruzadas entre los elementos 11-1, 11-2, ..., 11-j de antena en la medida de lo posible.

El control 1550 del reenvío 1500 puede proporcionarse mediante al menos uno del conjunto de antenas 1, el sistema 200 de planificación de red o el módulo 70 de conocimiento local, como se ha descrito anteriormente. Por lo tanto al menos uno del conjunto de antenas 1, el módulo 70 de conocimiento local y el sistema 200 de planificación de red aprenderán durante el funcionamiento del conjunto de antenas 1 para identificar vectores de formación de haz de enlace ascendente óptimos y vectores de formación de haz de enlace descendente con respecto a los parámetros de calidad de la celda 10.

35 La etapa 1600 (véase Figura 2a) comprobará si los valores de los parámetros de calidad han caído por debajo de un umbral. Si es así, la actualización se llevará a cabo en la etapa 1610.

La etapa 1610 de actualización del conocimiento local 60 puede llevarse a cabo posteriormente a la comprobación de la etapa 1600, si se requiere la actualización 1610 debido a que los valores de los parámetros de calidad han caído por debajo de un cierto umbral, la etapa de actualización 1610 puede desencadenar un cambio del uno 20d individual de la pluralidad de vectores 20u de formación de haz de enlace ascendente y/o un cambio del uno 22d individual de la pluralidad de vectores 20d de formación de haz de enlace descendente. Adicionalmente es posible también que la actualización 1610 desencadene el cálculo de una nueva pluralidad de vectores 20u de formación de haz de enlace ascendente y una nueva pluralidad de vectores 20d de formación de haz de enlace descendente. La nueva pluralidad de vectores 20u de formación de haz de enlace ascendente puede representarse mediante un nuevo conjunto de factores cu-1, cu-2, ..., cu-j de enlace ascendente para los elementos 11-1, 11-2, ..., 11-j de antena del conjunto de antenas 1. La nueva pluralidad de vectores 20d de formación de haz de enlace descendente puede representarse mediante un nuevo conjunto de factores cd-1, cd-2, ..., cd-j de enlace descendente para los elementos 11-1, 11-2, ..., 11-j del conjunto de antenas 1. Obviamente las formas de haz de enlace ascendente y enlace descendente disponibles con los vectores 20u de formación de haz de enlace ascendente y los vectores 20d de formación de haz de enlace descendente reflejarán características de transmisión del conjunto de antenas 1 como se conoce en la técnica.

La Figura 3 muestra etapas de un método 2000 para planificar una red 500 que comprende una pluralidad de conjuntos de 1-1, 1-2, ..., 1-N de antenas con una pluralidad de elementos 11-1, 11-2, ..., 11-j de antena. Los conjuntos 1-1, 1-2, ..., 1-N de antenas están adaptados para reenviar señales de radio en las celdas 10-1, 10-2, ... 10-N de la red de comunicación 500 como se ha indicado anteriormente. El método 2000 comprende una etapa 2050 de provisión de un conocimiento 600 local acerca de la red de comunicación 500.

60 En una etapa 2080 el conocimiento 60-1, 60-2, ...; 60-N local acerca de las celdas 10-1, 10-2, ..., 10-N se proporciona basándose en el conocimiento 600 local acerca de la red de comunicación 500. Una etapa 1100a comprende generar formas de haz para un reenvío de señales de radio en una individual de las celdas 10-1, 10-2, ..., 10-N para al menos uno de los conjuntos 1-1, 1-2, ..., 1-N de antenas. El método 2000 de planificar la red de comunicación 500 puede usar el conocimiento 600 local acerca de la red de comunicación 500.

65 En una etapa 2100 se comprueba, si se requiere una generación 1110a de formas de formas de haz para un reenvío de señales de radio para celdas 10-1, 10-2, ..., 10-N adicionales. Si se requiere la generación 1110a de formas de

haz para las celdas 10-1, 10-2, ..., 10-N adicionales, el método vuelve a la etapa 1100a de generación de formas de haz para las celdas 10-1, 10-2, ..., 10-N adicionales de la red de comunicación 500. Si no se requiere generación 1100a de formas de haz para celdas 10-1, 10-2, ..., 10-N, 10-2, ..., 10-N adicionales, una etapa 2200 comprueba si se actualizó el conocimiento 60-1, 60-2, ..., 60-N local acerca de las celdas 10-1, 10-2, ..., 10-N, y actualizará en respuesta el conocimiento 600 local acerca de la red de comunicación 500 en una etapa 2300.

Se ha de entender que el método de planificación 2000 de red como se muestra en la Figura 3 divide la red de comunicación 500 en las celdas 10-1, 10-2, ... 10-N y planifica cada una de las celdas 10-1, 10-2, ..., 10-N individualmente. En otras palabras la generación de las formas de haz se lleva a cabo para cada una de las celdas 10-1, 10-2, 10-3..., 10-N individualmente. Se apreciará fácilmente por un experto en la materia que la planificación de la red de comunicación 500 podría llevarse a cabo también en un nivel de la red de comunicación 500; una división 2080 se llevará a cabo a continuación después de que finalizó la planificación de toda la red 500. Parece que una planificación, es decir una generación 1100a de formas de haz para cada una de las celdas 10-1, 10-2, ..., 10-N es más conveniente que planificar toda la red 500 tal como en una única etapa. No obstante, esto es una elección de conveniencia y puede haber circunstancias en las que es de interés planificar la red de comunicación 500 tal como en la única etapa. La etapa de planificación, es decir la generación 1100a de las formas de haz para una individual de las celdas 10-1, 10-2, ..., 10-N de la red de comunicación 500 comprende las mismas etapas que la etapa 1100 representada en la Figura 2b. Únicamente puede omitirse la etapa 1050, ya que la provisión del conocimiento 600 local acerca de la red de comunicación 500 y la división 2080 en el conocimiento 60-1, 60-2, ..., 60-N local acerca de las celdas 10-1, 10-2, ..., 10-N ya había proporcionado el conocimiento local 60 acerca de la celda 10 planeándose, es decir para las que las formas de haz se generaron en la etapa 1100a. Todas las etapas restantes son de hecho idénticas como se ha explicado con respecto a la Figura 2b. Si la etapa 2200 produce que no se requiera actualización 2300 del conocimiento 600 local acerca de la red de comunicación 500, se termina el método 2000 de planificar la red de comunicación 500 alcanzando el estado final.

La Figura 4 muestra un diagrama de flujo para un método 5000 para reenviar señales de radio usando formas de haz generadas en celdas 10-1, 10-2, ..., 10-N de una red de comunicación 500. La red de comunicación 500 comprende la pluralidad de conjuntos 1-1, 1-2, ..., 1-N de antenas con una pluralidad de elementos 11-1, 11-2, ..., 11-j de antena, como se ha analizado anteriormente. Una etapa 2050 proporciona conocimiento 600 local acerca de la red de comunicación 500. El conocimiento 600 local acerca de la red de comunicación 500 puede comprender los mismos parámetros de calidad como se ha analizado con respecto a la etapa 1050 de proporcionar el conocimiento local 60 acerca de la celda 10 (véase Figura 2b).

La etapa 2080 ya se ha analizado y describe una provisión del conocimiento 60-1, 60-2, ..., 60-N local acerca de las celdas 10-1, 10-2, ..., 10-N. En la etapa posterior 1100a se planean unas individuales de las celdas 10-1, 10-2, ..., 10-N de la red de comunicación 500, es decir generándose formas de haz.

Una etapa 1500a comprende un reenvío de señales de radio en una individual de las celdas 10-1, 10-2, ..., 10-N. La etapa 1500a es idéntica a la etapa 1500 como se ha explicado con respecto a la Figura 2c tratando con una de las celdas 10-1, 10-2, ..., 10-N a la vez. En una etapa 1600 se comprueba si el conocimiento 60-1, 60-2, ..., 60-N local de una individual de las celdas 10-1, 10-2, ..., 10-N necesita actualizarse y posteriormente se lleva a cabo la etapa 1610 de actualización del conocimiento 60-1, 60-2, ... 60-N local de una individual de las celdas 10-1, 10-2, ..., 10-N.

En una etapa 2100 se comprueba si necesitan planearse celdas 10-1, 10-2, ..., 10-N adicionales, es decir generarse formas de haz necesarias para el reenvío. Si es así, el método 2000 vuelve a la etapa 1100a como se explicó con respecto a la Figura 4. En caso de que no se requiera planear celdas 10-1, 10-2, ..., 10-N adicionales, una etapa 2200 comprueba, si una actualización del conocimiento 60-1, 60-2, ..., 60-N local acerca de las celdas 10-1, 10-2, ..., 10-N se llevó a cabo para cualquiera de las celdas 10-1, 10-2, ..., 10-N. Si se llevó a cabo una actualización del conocimiento 60-1, 60-2, ..., 60-N local para una individual de las celdas 10-1, 10-2, ..., 10-N, se llevará a cabo la etapa de actualización 2300 del conocimiento 600 local acerca de la red de comunicación 500.

Se ha de entender que la planificación, es decir la generación de formas 1100a de haz para las celdas 10-1, 10-2, ..., 10-N y el reenvío 1500a en las celdas 10-1, 10-2, ..., 10-N individualmente, celda a celda, puede ser más conveniente que planificar la red de comunicación 500 y reenviar en las celdas 10-1, 10-2, ..., 10-N de la red de comunicación 500. Sin ninguna limitación es posible llevar a cabo la planificación para la red de comunicación 500 como tal, y a continuación dividir el resultado de la planificación para producir la planificación 1100 para la individual de las celdas 10-1, 10-2, ..., 10-N. Un experto en la materia apreciará con seguridad que en muchos casos la planificación 1100a es decir la generación de las formas de haz para el reenvío y el reenvío 1500 en la celda individual en una base celda a celda será más conveniente, ya que es necesario menos potencia de cálculo para optimizar el método 5000 de reenvío en la red de comunicación 500 en una base celda a celda. No obstante puede haber circunstancias cuando la actualización global es ventajosa.

Se apreciará por un experto en la materia que todos estos aspectos de la divulgación descritos en el presente documento como un aparato pueden incorporarse al menos parcialmente como software. Los métodos como se describen en el presente documento pueden implementarse sin limitación como un programa informático y/o un

hardware especializado para llevar a cabo el método. Cambiar de un método a un programa informático y/o una pieza especializada de hardware no se aleja del espíritu de la divulgación.

5 Aunque se han descrito anteriormente diversas realizaciones de la presente divulgación, debería entenderse que se han presentado a modo de ejemplo y no de limitación. Será evidente para los expertos en la materia relevante que pueden realizarse diversos cambios en forma y detalle en las mismas sin alejarse del alcance de la divulgación. Además de usar hardware (por ejemplo, en o acoplado a una Unidad de Procesamiento Central ("CPU"), microprocesador, microcontrolador, procesador de señal digital, núcleo de procesador, Sistema en Chip ("SOC"), o cualquier otro dispositivo), pueden realizarse también implementaciones en software (por ejemplo, código legible por  
10 ordenador, código de programa y/o instrucciones dispuestas en cualquier forma, tal como lenguaje fuente, de objeto o de máquina) dispuestas, por ejemplo, en un medio usable por ordenador (por ejemplo, legible) configurado para almacenar el software. Tal software puede posibilitar, por ejemplo, la función, fabricación, modelado, simulación, descripción y/o ensayo del aparato y métodos descritos en el presente documento. Por ejemplo, esto puede conseguirse a través del uso de lenguajes de programación general (por ejemplo, C, C++), lenguaje de descripción  
15 de hardware (HDL) incluyendo Verilog HDL, VHDL, y así sucesivamente, u otros programas disponibles. Tal software puede disponerse en cualquier medio usable por ordenador conocido tal como semiconductor, disco magnético o disco óptico (por ejemplo, CD-ROM, DVD-ROM, etc.). El software puede disponerse también como una señal de datos informática realizada en un medio de transmisión usable por ordenador (por ejemplo, legible) (por ejemplo, onda portadora o cualquier otro medio incluyendo medio digital, óptico o basado en analógico). Las  
20 realizaciones de la presente divulgación pueden incluir métodos para proporcionar el aparato descrito en el presente documento proporcionando software que describe el aparato y transmitir posteriormente el software como una señal de datos informática a través de una red de comunicación incluyendo internet e intranets.

25 Se ha de entender que el aparato y métodos descritos en el presente documento pueden incluirse en un núcleo de propiedad intelectual semiconductor, tal como un núcleo de microprocesador (por ejemplo, realizado en HDL) y transformarse a hardware en la producción de circuitos integrados. Adicionalmente, el aparato y métodos descritos en el presente documento pueden realizarse como una combinación de hardware y software. Por lo tanto, la presente divulgación no debería limitarse por cualquiera de las realizaciones ejemplares anteriormente descritas, sino que debería definirse únicamente de acuerdo con las siguientes reivindicaciones y sus equivalentes.  
30

**REIVINDICACIONES**

1. Un conjunto de antenas (1) que comprende una interfaz de radio digital (DRI) y una pluralidad de elementos de antena (11-1, 11-2, ..., 11-j) para reenviar señales de radio a una celda (10) de una red de comunicación móvil (500), comprendiendo el conjunto de antenas (1):
- una pluralidad de vectores de formación de haz de enlace ascendente (20u) adaptados para formar una pluralidad de formas de haz de enlace ascendente, en donde uno individual (22u) de la pluralidad de vectores de formación de haz de enlace ascendente (20u) comprende factores de enlace ascendente (cu-1, cu-2, ..., cu-j) para los elementos de antena (11-1, 11-2, ..., 11-j) que describen una individual de la pluralidad de formas de haz de enlace ascendente;
  - una pluralidad de vectores de formación de haz de enlace descendente (20d) adaptados para formar una pluralidad de formas de haz de enlace descendente, en donde uno individual (22d) de la pluralidad de vectores de formación de haz de enlace descendente (20d) comprende factores de enlace descendente (cd-1, cd-2, ..., cd-j) de los elementos de antena (11-1, 11-2, ..., 11-j) que describen una individual de la pluralidad de formas de haz de enlace descendente; en donde se proporcionan los factores de enlace ascendente (cu-1, cu-2, ... cu-j) y los factores de enlace descendente (cd-1, cd-2, ... cd-j) a la interfaz de radio digital (DRI) y en donde al menos uno de los factores (cu-1, cu-2, ..., cu-j) de enlace ascendente del uno (22u) individual de la pluralidad de vectores de formación de haz de enlace ascendente (20u) y los factores de enlace descendente (cd-1, cd-2, ..., cd-j) del uno individual (22d) de la pluralidad de vectores de formación de haz de enlace descendente (20d) son independientemente controlables para proporcionar diferentes formas de haz de enlace ascendente y formas de haz de enlace descendente.
2. El conjunto de antenas (1) de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el uno individual de la pluralidad de vectores de formación de haz de enlace ascendente (20u) comprende los factores de enlace ascendente (cu-1, cu-2, ... cu-j) para un subconjunto de los elementos de antena (11-1, 11-2, ..., 11-j).
3. El conjunto de antenas (1) de acuerdo con las reivindicaciones 1 o 2, en el que el uno individual de la pluralidad de vectores de formación de haz de enlace descendente (20d) comprende los factores de enlace descendente (cd-1, cd-2, ... cd-j) para un subconjunto de los elementos de antena (11-1, 11-2, ..., 11-j).
4. El conjunto de antenas (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-3, adaptado para seleccionar al menos uno de:
- el uno individual (22u) de la pluralidad de vectores de formación de haz de enlace ascendente (20u),
  - y el uno individual (22d) de la pluralidad de vectores de formación de haz de enlace descendente (20d) basándose en un conocimiento local (60) acerca de la celda (10).
5. El conjunto de antenas (1) de acuerdo con la reivindicación 4, en el que el conocimiento local (60) acerca de la celda (10) comprende al menos uno de: una topología (62) de la celda (10) y una distribución de usuarios (64) en la celda (10) y en el que el conocimiento local (60) acerca de la celda (10) comprende adicionalmente al menos uno de una intensidad de señal (pu) recibida para la pluralidad de vectores de formación de haz de enlace ascendente (20u), una intensidad de señal (pd) recibida para la pluralidad de vectores de formación de haz de enlace descendente (20d), una relación entre señal a ruido e interferencia (SINR-u) para la pluralidad de vectores de formación de haz de enlace ascendente (20u), una relación entre señal a ruido e interferencia (SINR-d) para la pluralidad de vectores de formación de haz de enlace descendente (20d), un área de cobertura (66u) para la pluralidad de vectores de formación de haz de enlace ascendente (20u), un área de cobertura (66d) para la pluralidad de vectores de formación de haz de enlace descendente (20d), una relación entre señal a ruido e interferencia (SINR-Nu) normalizada con respecto al área de cobertura (66u) para la pluralidad de vectores de formación de haz de enlace ascendente (20u), una relación entre señal a ruido e interferencia (SINR-Nd) normalizada con respecto al área de cobertura (66d) para la pluralidad de vectores de formación de haz de enlace descendente (20d), una potencia isotrópica radiada equivalente (EIRP) de la pluralidad de elementos de antena (11-1, 11-2, ..., 11-j).
6. El conjunto de antenas (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-5, que comprende adicionalmente un módulo de planificación de red local (70) adaptado para proporcionar el conocimiento local (60) acerca de la celda (10).
7. El conjunto de antenas (1) de acuerdo con la reivindicación 6, en el que el módulo de planificación de red local (70) está adaptado para redirigir al menos uno de la pluralidad de vectores de formación de haz de enlace ascendente (20u), la pluralidad de vectores de formación de haz de enlace descendente (20d), el uno individual (22u) de la pluralidad de vectores de formación de haz de enlace ascendente (20u) y el uno individual (22d) de la pluralidad de vectores de formación de haz de enlace descendente (20d) al enlace (55).

8. El conjunto de antenas (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-7 en el que los haces para el reenvío de enlace ascendente y para el reenvío de enlace descendente se dirigen mediante los factores de enlace ascendente (cu-1, cu-2, ..., cu-j) independientemente elegidos y los factores de enlace descendente (cd-1, cd-2, ..., cd-j) a diferentes posiciones.
- 5
9. El conjunto de antenas (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-8, en el que al menos uno de la pluralidad de vectores de formación de haz de enlace ascendente (20u) y de la pluralidad de vectores de formación de haz de enlace descendente (20d) producen formas de haz con ángulos de inclinación ( $\Theta$ ) que varían.
- 10
10. El conjunto de antenas (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-9, en el que para uno de la pluralidad de vectores de formación de haz de enlace ascendente el vector de formación de haz de enlace ascendente proporciona un haz con un ángulo de inclinación más pequeño con respecto a la horizontal que el vector de formación de haz de enlace descendente para el haz de enlace descendente.
- 15
11. El conjunto de antenas (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-10, en el que la pluralidad de vectores de formación de haz de enlace ascendente (20u) y la pluralidad de vectores de formación de haz de enlace descendente (20d) se expresan en términos de factores complejos.
- 20
12. El conjunto de antenas (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-11, en el que se proporcionan los factores de enlace ascendente (cu-1, cu-2, ... cu-j) y los factores de enlace descendente (cd-1, cd-2, ... cd-j) a la interfaz de radio digital (DRI) desde un sistema de planificación de red (200) en respuesta a requisitos de planificación de red.
- 25
13. El conjunto de antenas de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores que comprende adicionalmente un almacenamiento para almacenar unos de los factores de enlace ascendente (cu-1, cu-2, ... cu-j) calculados previamente y los factores de enlace descendente (cd-1, cd-2, ... cd-j).
- 30
14. Un sistema de planificación de red (200) para planificar una red de comunicación (500), comprendiendo la red de comunicación (500) una pluralidad de conjuntos de antenas (1-1, 1-2, ..., 1-N) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13; en donde el sistema de planificación de red (200) está adaptado para seleccionar independientemente al menos uno de los factores de enlace ascendente (cu-1, cu-2, ..., cu-j) del uno individual (22u-1, 22u-2, ..., 22u-N) de la pluralidad de vectores de formación de haz de enlace ascendente (20u-1, 20u-2, ..., 20u-N) y los factores de enlace descendente (cd-1, cd-2, ..., cd-j) del uno individual (22d-1, 22d-2, ..., 22d-N) de la pluralidad de vectores de formación de haz de enlace descendente (20d-1, 20d-2, ..., 20d-N), para al menos uno de la pluralidad de conjuntos de antenas (1-1, 1-2, ..., 1-N) para proporcionar formas de haz de enlace ascendente y formas de haz de enlace descendente que se diferencian entre sí.
- 35
15. Una red de comunicación (500) que comprende:
- 40
- una pluralidad de conjuntos de antenas (1-1, 1-2, ..., 1-N) de acuerdo con las reivindicaciones 1 a 13; y
  - un sistema de planificación de red (200) de acuerdo con la reivindicación 14.
16. Un método (1100) para generar formas de haz para un reenvío de señales de radio a una celda (10) de una red de comunicación (500), comprendiendo el método (1100) las etapas de:
- 45
- proporcionar (1200) mediante una interfaz de radio digital (DRI) una pluralidad de vectores de formación de haz de enlace ascendente (20u) adaptados para formar una pluralidad de formas de haz de enlace ascendente para un conjunto de antenas (1) con una pluralidad de elementos de antena (11-1, 11-2, ..., 11-j), en el que uno individual (22u) de la pluralidad de vectores de formación de haz de enlace ascendente (20u) comprende factores de enlace ascendente (cu-1, cu-2, ..., cu-j) para los elementos de antena (11-1, 11-2, ..., 11-j) que describen una individual de la pluralidad de formas de haz de enlace ascendente; y
  - proporcionar (1300) una pluralidad de vectores de formación de haz de enlace descendente (20d) adaptados para formar una pluralidad de formas de haz de enlace descendente, en donde uno individual (22d) de la pluralidad de vectores de formación de haz de enlace descendente (20d) comprende factores de enlace descendente (cd-1, cd-2, ..., cd-j) para los elementos de antena (11-1, 11-2, ..., 11-j) que describen una individual de las formas de haz de enlace descendente;
  - seleccionar (1410) uno individual (22u) de la pluralidad de vectores de formación de haz de enlace ascendente (20u);
  - seleccionar (1420) uno individual (22d) de la pluralidad de vectores de formación de haz de enlace descendente (20d);
- 50
- 55
- 60
- en donde la selección (1410) del uno individual (22u) de la pluralidad de vectores de formación de haz de enlace ascendente (20u) es independiente de la selección (1420) del uno individual (22d) de la pluralidad de vectores de formación de haz de enlace descendente (20d) proporcionando por lo tanto formas de haz enlace ascendente y formas de haz de enlace descendente que se diferencian entre sí.
- 65
17. El método de la reivindicación 16, que comprende adicionalmente:

- calcular unos de los factores de enlace ascendente (cu-1, cu-2, ..., cu-j) y de los factores de enlace descendente (cd-1, cd-2, ..., cd-j);
- almacenar en un almacenamiento unos de los factores de enlace ascendente (ou-1, cu-2, ..., cu-j) y de los factores de enlace descendente (cd-1, cd-2, ..., cd-j) calculados.

5

18. El método de la reivindicación 17, que comprende adicionalmente calcular de nuevo dinámicamente durante el funcionamiento unos de los unos de los factores de enlace ascendente (cu-1, cu-2, ..., cu-j) o de los factores de enlace descendente (cd-1, cd-2, ..., cd-j) calculados.

10

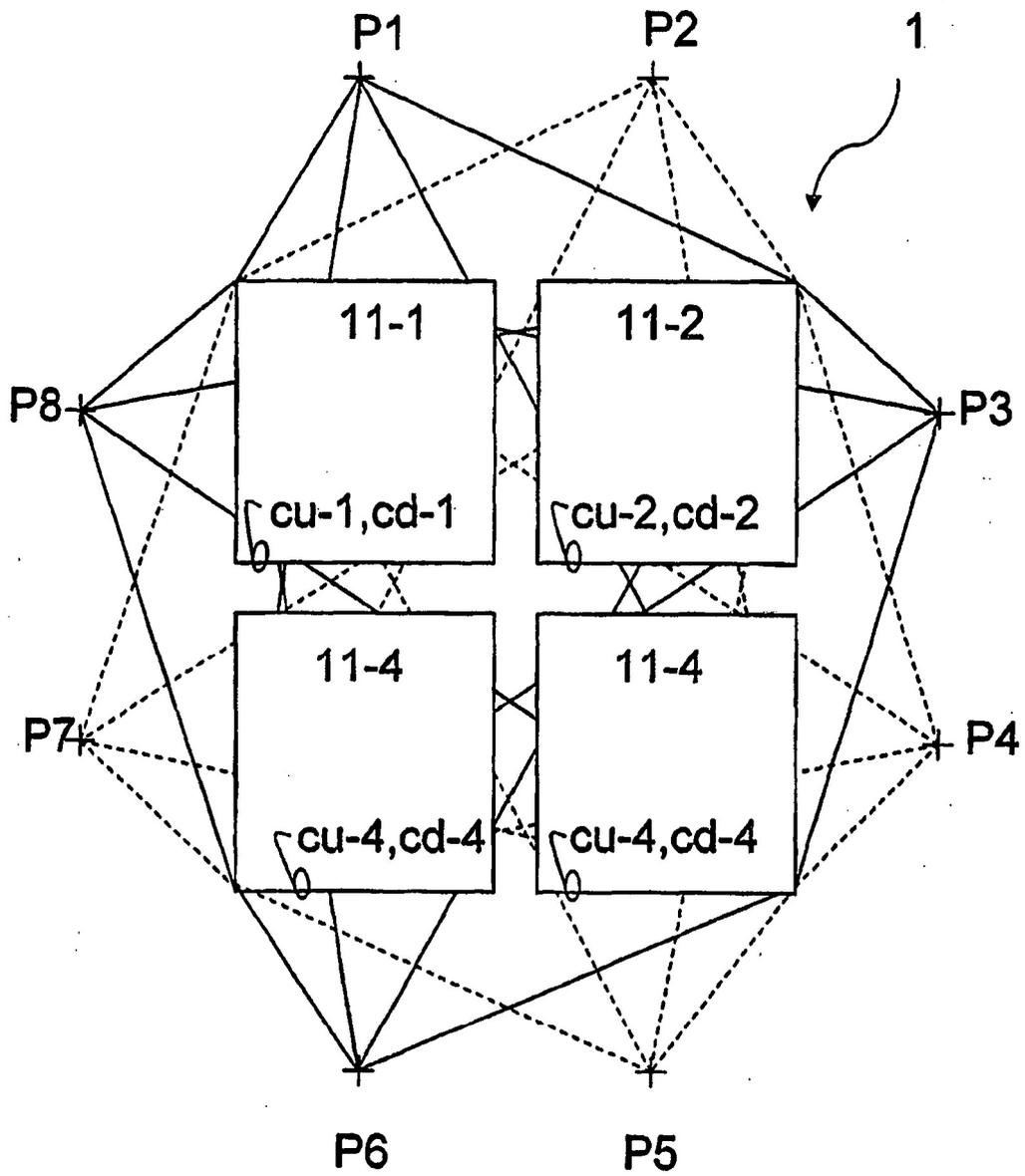


Figura 1a

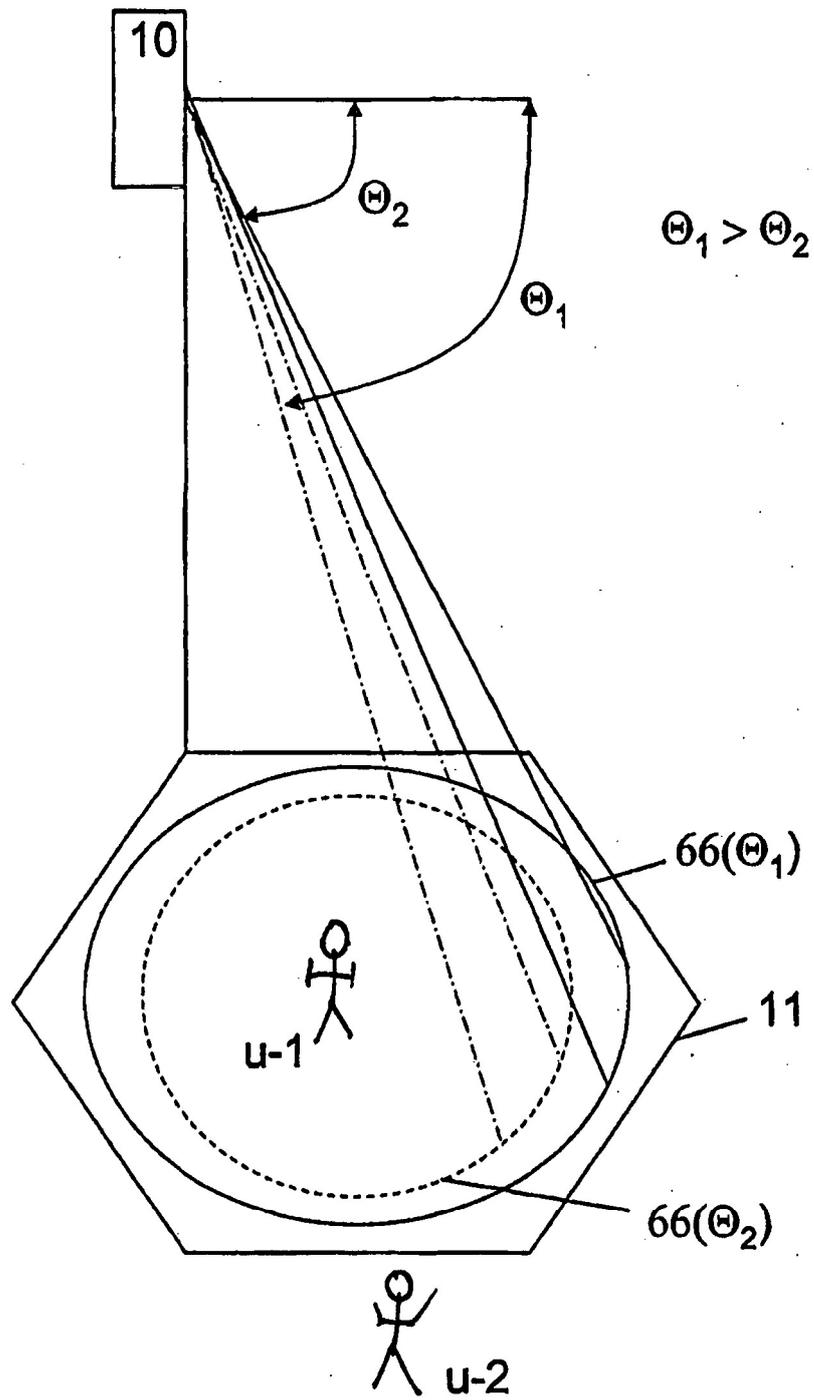


Figura 1b

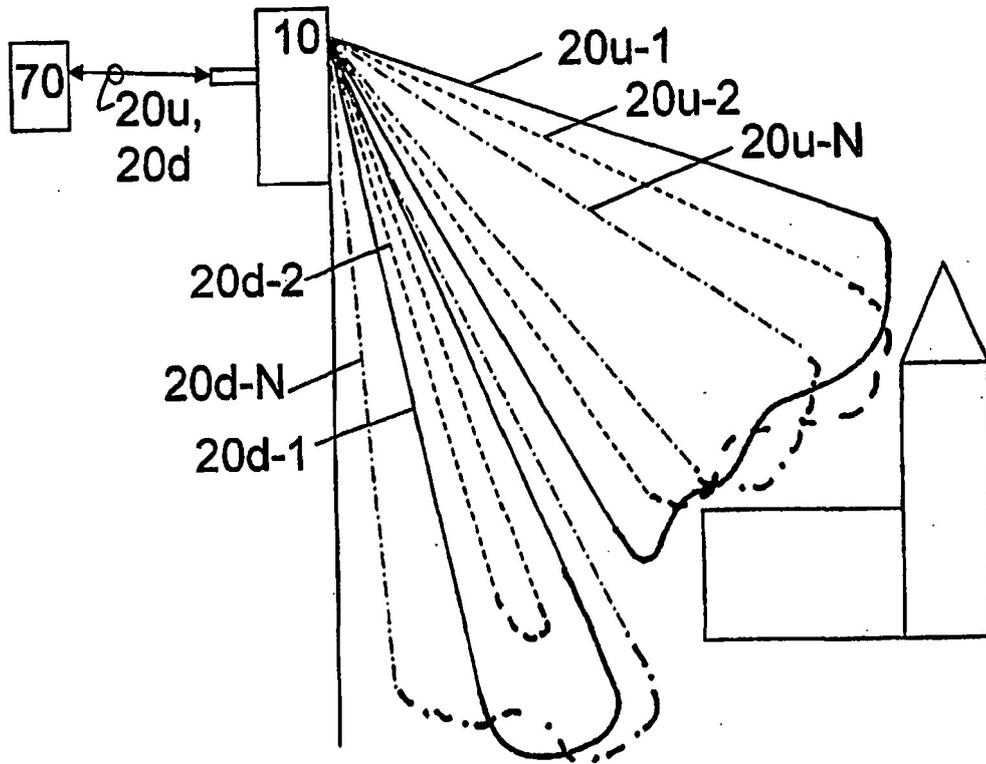


Figura 1c

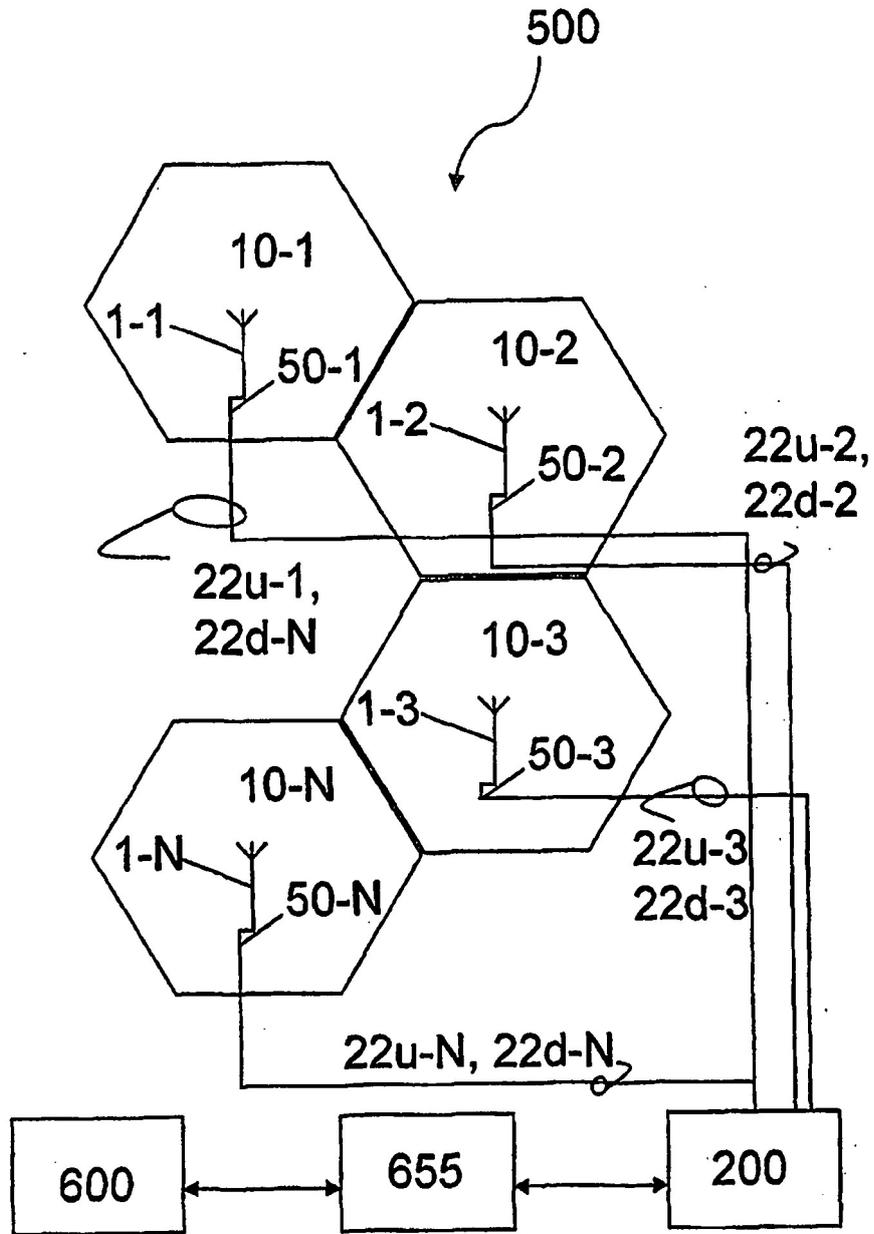


Figura 1d

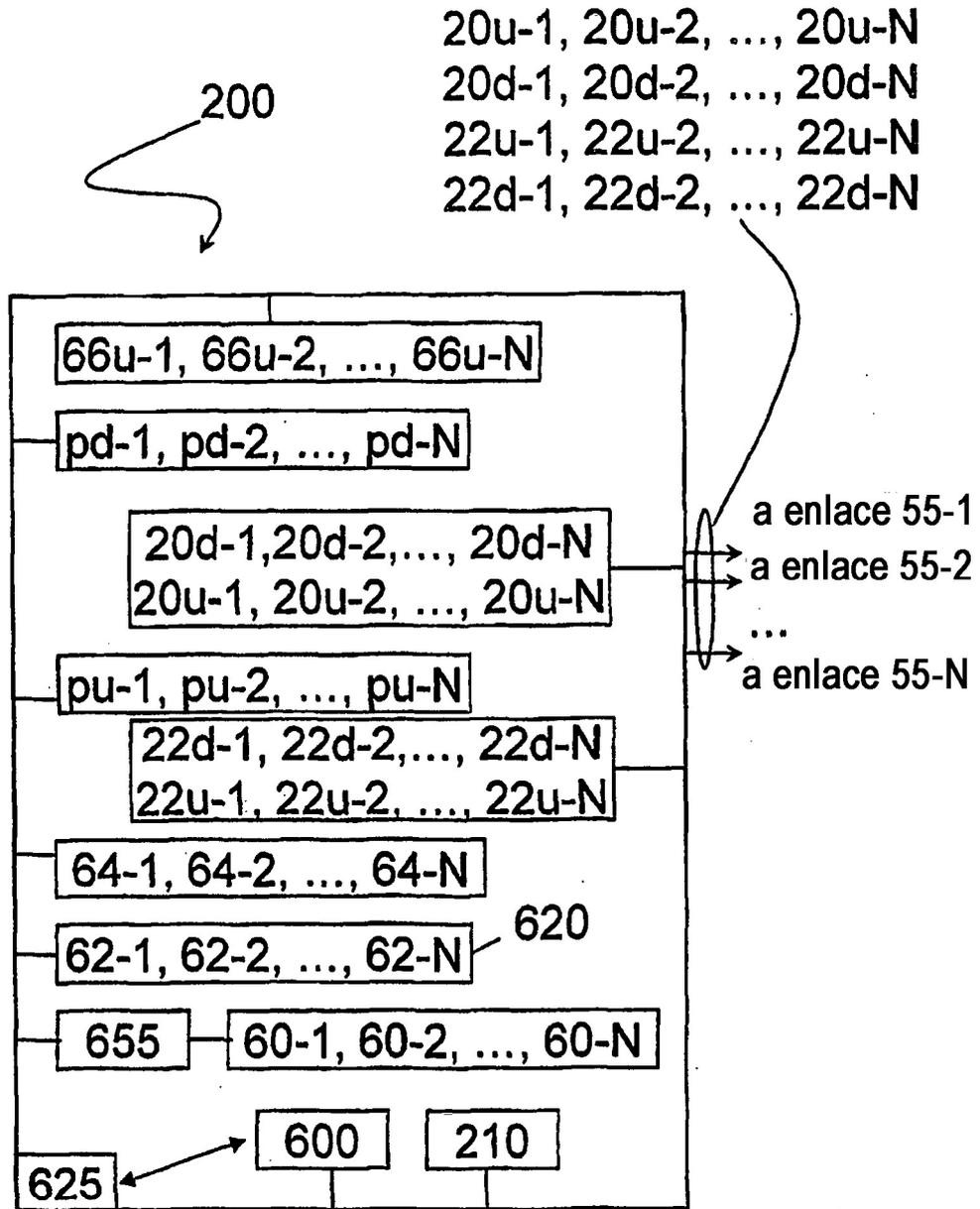


Figura 1e

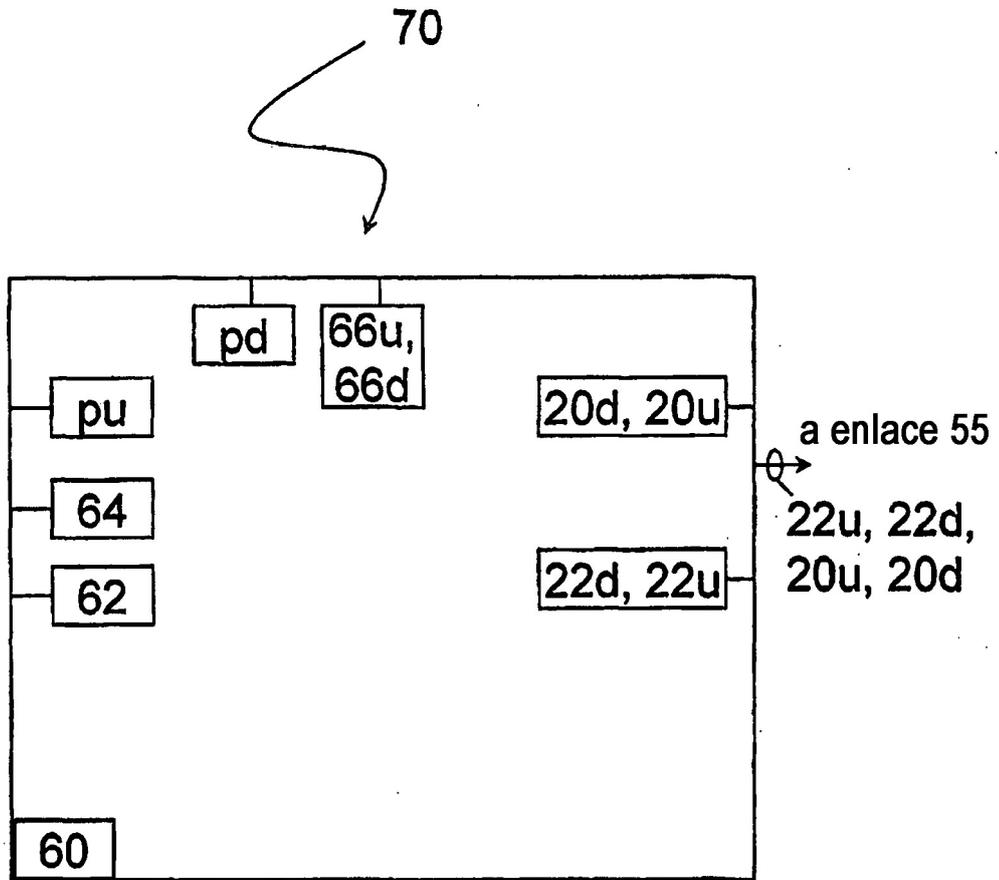


Figura 1f

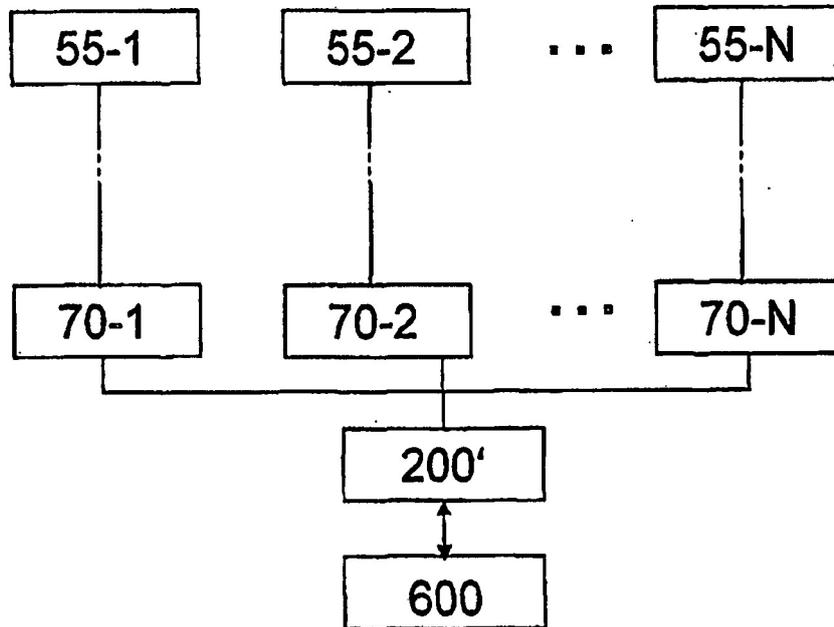


Figura 1g

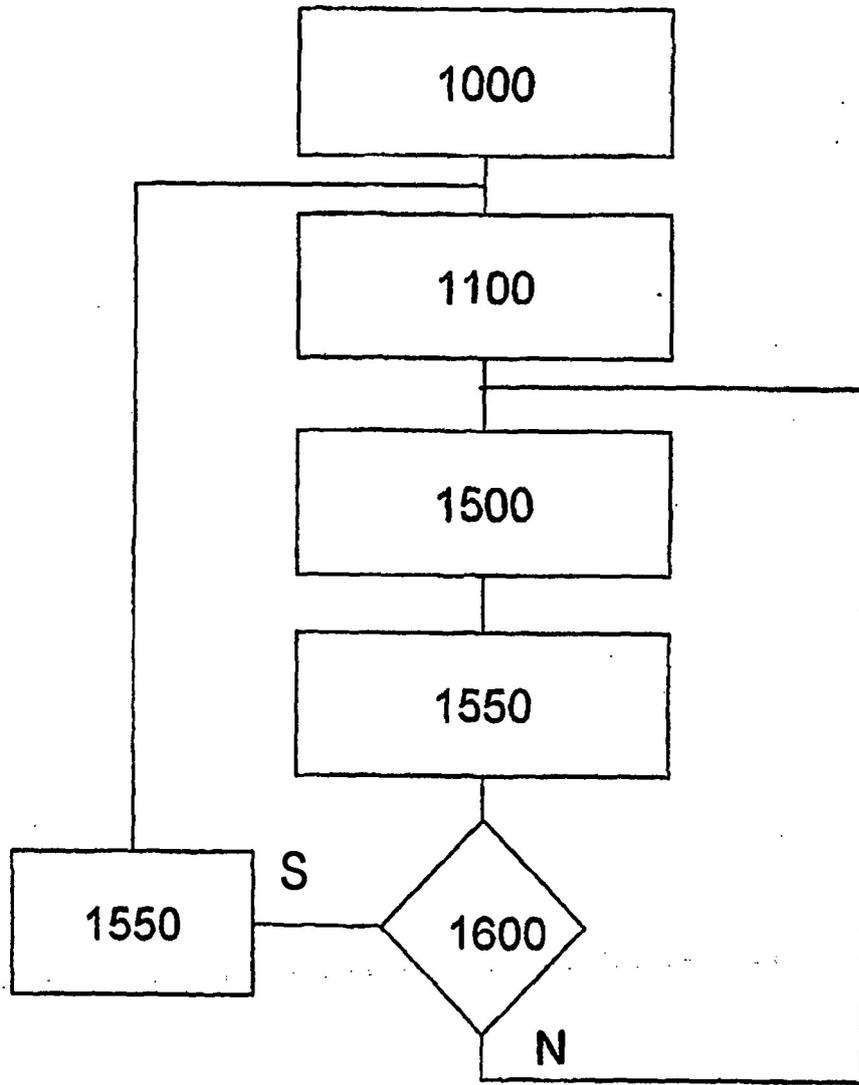
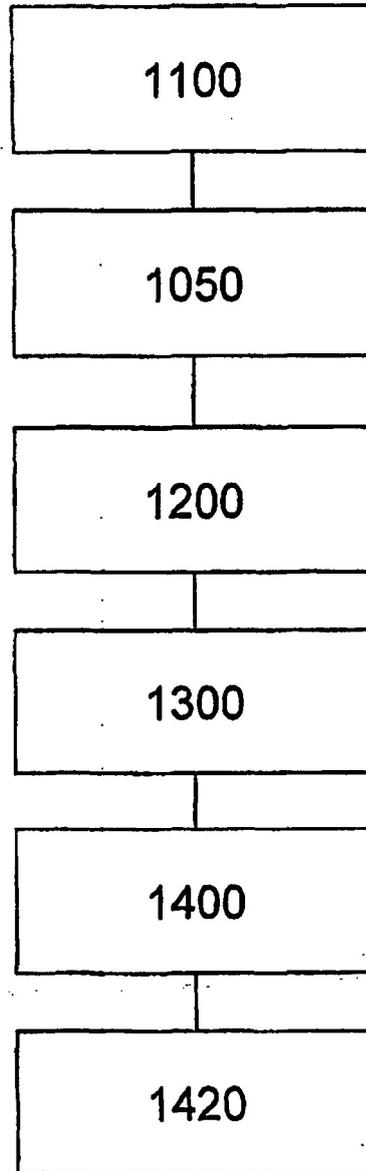
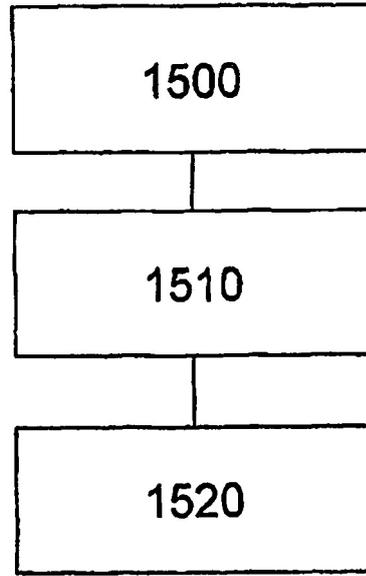


Figura 2a



**Figura 2b**



**Figura 2c**

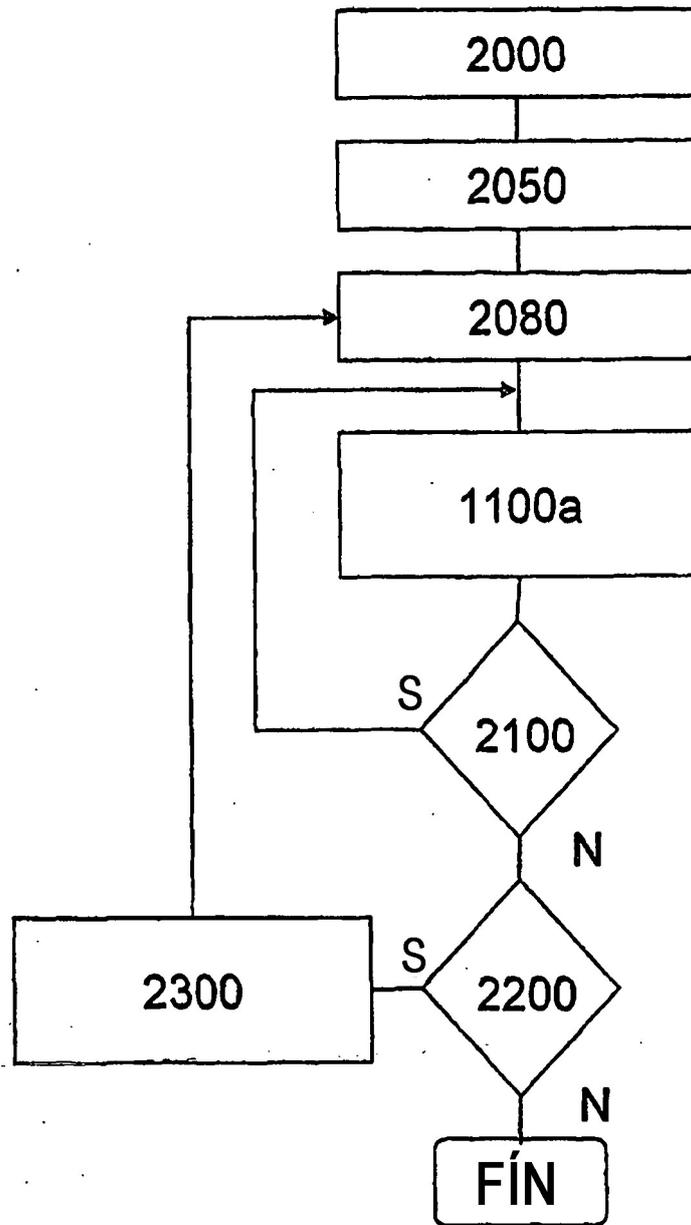


Figura 3

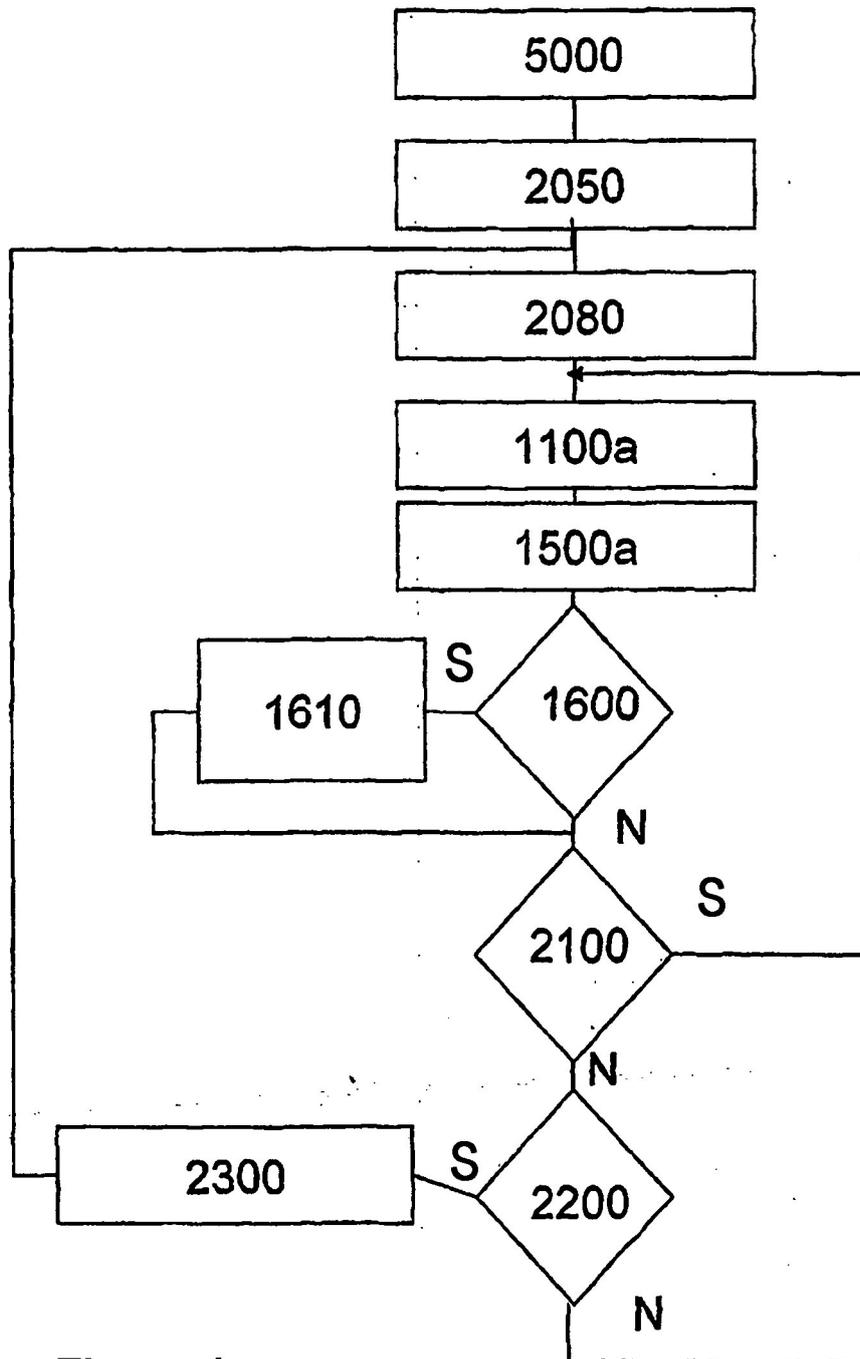


Figura 4