

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 760 946**

51 Int. Cl.:

**H04B 7/024** (2007.01)

**H04L 1/06** (2006.01)

**H04W 36/32** (2009.01)

**H04L 5/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.08.2016 E 16183557 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.09.2019 EP 3282592**

54 Título: **Sistema que contiene un primer y un segundo nodo de una red celular lineal**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**18.05.2020**

73 Titular/es:  
**KAPSCH CARRIERCOM AG (100.0%)**  
**Lehrbachgasse 11**  
**1120 Wien, AT**

72 Inventor/es:  
**GRUET, CHRISTOPHE;**  
**JACQUES, ROGER y**  
**BOTET, GIL**

74 Agente/Representante:  
**CONTRERAS PÉREZ, Yahel**

**ES 2 760 946 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

Sistema que contiene un primer y un segundo nodo de una red celular lineal

5 La presente invención se refiere a un sistema que comprende un primer y un segundo nodo de una red celular lineal, en el que los nodos están separados entre sí con un espaciado recíproco, definiendo dicho espaciado recíproco una sección de comunicación, teniendo cada nodo al menos una antena para comunicarse de forma inalámbrica con un terminal de usuario ubicado en la sección de comunicación entre el primer y el segundo nodo, en el que ambos nodos están configurados para comunicarse a través de un canal de comunicación que tiene una pluralidad de recursos de canal.

Una red celular comprende una pluralidad de transceptores de radio o "nodos", a través de los cuales los usuarios pueden acceder a la red por medio de terminales de usuario. Por ejemplo, en redes celulares de acuerdo con el estándar LTE, un nodo se denomina "eNB" (Nodo B evolucionado). Cada nodo comprende una antena y define una celda, que está delimitada por el área de cobertura de la antena. Si un terminal de usuario está dentro del área de cobertura de un nodo, puede comunicarse de forma inalámbrica con el nodo enviando y recibiendo datos al y del nodo. Para mejorar la relación señal / ruido (SNR) experimentada por los terminales de usuario y aumentar con ello el rendimiento, se pueden utilizar los modos MIMO (Entrada múltiple, salida múltiple) y MISO (Entrada múltiple y salida única) en la red, según se explicará a continuación para el caso de una red celular unidimensional.

La figura 1 muestra un sistema 1 de dos nodos  $2_1$ ,  $2_2$  de una red celular convencional con una topología celular unidimensional ("lineal"). En este tipo de red, los nodos  $2_1$ ,  $2_2$  comunican datos 3 con los terminales de usuario 4, que sólo viajan en una dirección  $d_L$  o en la correspondiente dirección opuesta  $d_R$ , por ejemplo, viajando en un tren 5 en una vía férrea 6, conduciendo en automóvil por una autopista o en un túnel, etc. La comunicación entre los nodos  $2_1$ ,  $2_2$  y el terminal de usuario 4 se realiza mediante estándares de comunicación conocidos en el estado de la técnica, tales como 3GPP LTE / LTE-A o IEEE WiMAX 802.16e. En dichos estándares de comunicación, el canal de comunicación CH de un nodo  $2_1$ ,  $2_2$  se divide en frecuencia  $f$  y/o tiempo  $t$  en múltiples recursos de canal  $CR_1$ ,  $CR_2$ ,... generalmente  $CR_i$ , según se puede ver en la figura 2, que se describirá en detalle más adelante.

Con referencia adicional a la figura 1, cada nodo  $2_1$ ,  $2_2$  tiene dos antenas omnidireccionales 7, 8 montadas sobre un soporte 9. Las antenas omnidireccionales comunican datos 3 en ambas direcciones  $d_L$ ,  $d_R$  del nodo  $2_1$ ,  $2_2$ , es decir, no importa si un terminal de usuario 4 se encuentra a la izquierda o a la derecha de un nodo  $2_1$ ,  $2_2$  para establecer la comunicación. Cada antena 7, 8 exhibe de este modo la misma área de cobertura 10 de manera que se solapan sustancialmente.

Las dos antenas 7, 8 transmiten el mismo contenido de datos, pero en diferentes representaciones físicas, que se derivan de los datos 3 mediante la aplicación de, por ejemplo, un esquema de Alamouti en los datos 3. El terminal de usuario 4 recibe las dos representaciones físicas de los mismos datos 3 procedentes de las dos antenas 7, 8 del nodo  $2_1$  y decodifica la señal solapada recibida para obtener el contenido de datos original. Recibiendo el mismo contenido de datos dos veces pero en diferentes representaciones físicas, se puede mejorar la relación señal / ruido.

Cuando el terminal de usuario 4 abandona el área de cobertura 10 del primer nodo  $2_1$  y entra en el área de cobertura 10 del segundo nodo vecino  $2_2$ , se debe realizar una transferencia o traspaso (en inglés: handover), que puede interrumpir la comunicación entre el terminal de usuario 4 y la red 1 durante un corto periodo de tiempo. Esto es especialmente problemático para los trenes de alta velocidad que viajan dentro de la red 1 ya que aumenta la frecuencia de las transferencias (handovers) con la velocidad del tren.

Además, el rendimiento del enlace de bajada en el borde de un área de cobertura 10, es decir, en el medio entre dos nodos  $2_1$ ,  $2_2$ , es muy baja, ya que los límites de las celdas están situados a distancias iguales con respecto a ambos nodos  $2_1$ ,  $2_2$ . Esto provoca una mala relación señal / ruido porque la señal recibida procedente del nodo de comunicación  $2_1$  es tan fuerte como la señal procedente de un nodo vecino interferente  $2_2$ .

El documento US 2010/0157901 A1 muestra una red celular de dos dimensiones, en la que los terminales de usuario pueden viajar en cualquier dirección determinada. En dicho sistema es conocido el uso de una codificación de espacio-tiempo Alamouti.

El documento US 2014/0169505 A1 muestra sistemas y procedimientos relacionados con la codificación de espacio-tiempo / espacio-frecuencia para transmisiones multi-cita (en inglés: multi-cite) y multi-haz (en inglés: multi-beam).

El documento WO 2016/119914 A1 muestra una red celular lineal en la que se utilizan técnicas multi punto coordinadas (CoMP: coordinated multipoint techniques).

SHENGFU XU, et al: "A Survey on High-Speed Railway Communications: A Radio Resource Management

Perspective", ARXIV.ORG, Cornell University Library, 201 Olin Library Cornell University Ithaca, NY 14853, 17 de Marzo de 2016, XP080690265, resume varios aspectos de las comunicaciones ferroviarias de alta velocidad. Se describe el modo de MIMO para las comunicaciones ferroviarias en una variante en la que múltiples antenas están montadas en un nodo.

5 LIANG HENG, et al: "Performance of the 3GPP LTE Space-Frequency Block Codes in Frequency-Selective Channels With Imperfect Channel Estimation", IEEE Transactions on vehicular technology, vol. 64, no. 5, de 1 de Mayo de 2015, páginas 1848 – 1855, XP05553438, describe la codificación de bloque espacio-tiempo de Alamouti de propósito general. El esquema de Alamouti se muestra para dos y cuatro configuraciones de antena.

10 Es un objetivo de la presente invención superar los inconvenientes anteriormente mencionados.

Con este fin, la invención proporciona un sistema del tipo mencionado anteriormente, en el que un procesador del sistema está configurado para aplicar un esquema de codificación de bloque de espacio-frecuencia o de espacio-tiempo, preferiblemente un esquema de codificación de bloque de espacio-frecuencia OFDM, en datos a comunicar al terminal de usuario para generar una primera y una segunda representaciones de código de bloque de los mismos datos, en el que el primer nodo está configurado para comunicar la primera representación de código de bloque de los datos al terminal de usuario en uno de los recursos de canal y el segundo nodo está configurado para comunicar la segunda representación de código de bloque de los datos al terminal de usuario en el mismo recurso de canal.

20 Dividiendo las denominadas antenas principales y de diversidad del esquema MIMO / MISO en dos nodos diferentes, se puede conseguir un mayor rendimiento a distancias más alejadas de los nodos. Esto se debe al hecho de que el nodo vecino ahora no interfiere con el nodo de comunicación, sino que en realidad mejora su señal comunicando el mismo contenido de datos en una representación física diferente. Esto es especialmente útil en el área central entre dos nodos ya que en esta área la intensidad de las señales recibidas por los terminales de usuario es muy baja a causa de la dependencia inversa cuadrática de la intensidad de la señal con la distancia.

En el caso clásico, las interferencias son especialmente problemáticas para los terminales de usuario en el borde del área de cobertura del nodo con el que se están comunicando ya que normalmente el nodo vecino quiere comunicarse en el mismo recurso de canal con un terminal de usuario diferente. Contrariamente a eso, la configuración de la invención permite que ambos nodos se comuniquen en el mismo recurso de canal sin causar interferencias.

Además, no se tienen que realizar traspasos o transferencias duras (en inglés: hard handovers) cuando el terminal de usuario abandona el área de cobertura de un nodo y entra en el área de cobertura del nodo vecino. Los terminales de usuario ahora pueden pasar de un nodo al siguiente sin experimentar traspasos duros, lo que aumenta significativamente la fiabilidad general, especialmente cuando los terminales de usuario viajan a alta velocidad. Esto también reduce los tiempos de procesamiento y la carga de trabajo en los nodos de la red.

El primer nodo comprende una primera y una segunda antena direccional, que están orientadas en direcciones sustancialmente opuestas, en el que los datos pueden ser comunicados de forma independiente por las dos antenas en el mismo recurso de canal. Esto permite duplicar el rendimiento de cada nodo ya que los terminales de usuario en el lado derecho y los terminales de usuario en el lado izquierdo del nodo pueden ser atendidos de forma independiente por el nodo.

45 La primera antena direccional del primer nodo está configurada para comunicar la primera representación de código de bloque de datos y la segunda antena direccional del mismo primer nodo está configurada para comunicar la segunda representación de código de bloque de datos. Para este fin, por ejemplo, cada nodo tiene una antena principal y una antena de diversidad. En este caso, los nodos no tienen que estar alineados de manera alterna, sino que los nodos del mismo tipo se pueden encontrar a lo largo de la vía férrea, túnel o carretera. Esto facilita significativamente la logística durante la construcción de la red. Cada nodo en este caso comprende la misma estructura de hardware y de componentes. Una situación en la que dos nodos vecinos son incompatibles es, por lo tanto, prácticamente imposible, ya que de lo contrario los nodos de diferentes tipos tienen que ser combinados.

En una primera forma de realización preferida de la invención, el esquema de codificación de bloque de espacio-tiempo o de espacio-frecuencia es un esquema de Alamouti, en el que los datos a comunicar al terminal de usuario se componen de un primer y un segundo símbolos de datos, teniendo la primera representación el primer símbolo de datos seguido por el segundo símbolo de datos y teniendo la segunda representación un conjugado complejo negativo del segundo símbolo de datos seguido por un conjugado complejo del primer símbolo de datos. Esto permite un modo eficiente MIMO / MISO con dos antenas de transmisión. El terminal de usuario puede tener una, dos o más antenas de recepción para mejorar aún más la calidad de la señal recibida. Usando una representación con sólo dos símbolos de datos secuenciales involucrados, se puede utilizar una configuración con sólo dos antenas de transmisión, reduciendo con ello la complejidad del sistema en comparación con un sistema con cuatro antenas de transmisión.

En una segunda forma de realización preferida de la invención, cada nodo tiene dos antenas para comunicación inalámbrica con un terminal de usuario situado en la sección de comunicación entre el primer y segundo nodos de manera que se puede utilizar un esquema de Alamouti con cuatro antenas de transmisión. Utilizando cuatro antenas de transmisión, se puede mejorar aún más la relación señal / ruido. En este esquema, por ejemplo, están implicados cuatro símbolos de datos secuenciales cuando se generan las diferentes representaciones de código de bloque, según sabe el experto en la materia.

Los nodos que comprenden una antena principal así como una antena de diversidad tienen una ventaja adicional evidente cuando las áreas de cobertura de la primera y segunda antenas direccionales del primer nodo se solapan en un área sustancialmente bajo el nodo, en el que el sistema está configurado para comunicar, cuando el terminal de usuario se encuentra a una distancia con respecto al primer nodo que es inferior a un umbral de área cercana, la primera representación de código de bloque de los datos en uno de los recursos de canal a través de la primera antena del primer nodo y para comunicar la segunda representación de código de bloque de los mismos datos en el mismo recurso de canal a través de la segunda antena del primer nodo. En este caso, un nodo puede utilizar un modo de MIMO / MISO bajo el nodo todo por sí mismo, ya que comprende una antena principal y una antena de diversidad. Por lo tanto, es posible que un terminal de usuario se comunique con un solo nodo en el esquema MIMO / MISO cuando está bajo este nodo y puede transitar inmediatamente al modo de MIMO / MISO en un área entre dos nodos según se ha descrito anteriormente. El modo de MIMO / MISO es compatible en toda la red.

Una ventaja adicional de dicha forma de realización es que aumenta el rendimiento en una región cerca del nodo. Si bien inicialmente abandona el rendimiento en un área cercana con respecto a un nodo y obtiene rendimiento en un área lejana con respecto al nodo a través de la configuración de la invención, esto se puede remediar volviendo al modo de MIMO / MISO clásico operado por dos antenas en un solo nodo cuando el terminal de usuario está en una región de área cercana del nodo. Las ventajas de ambas formas de realización se combinan, de este modo, para alcanzar un máximo rendimiento en toda la extensión de la red.

En general, el modo de MIMO / MISO a través de dos nodos se puede aplicar en toda la sección de comunicación. Dado que el modo de MIMO / MISO efectuado por los dos nodos es menos eficiente cuando está desequilibrado, es decir, en un área cercana a uno de los dos nodos, el sistema está configurado preferiblemente para comunicar datos sólo a través del primer nodo cuando el terminal de usuario se encuentra a una distancia con respecto al primer nodo que es inferior a un primer umbral de área lejana, en el que el sistema está configurado para comunicar datos sólo a través del segundo nodo cuando el terminal de usuario se encuentra a una distancia con respecto al segundo nodo que es inferior a un segundo umbral de área lejana, y en el que el sistema está configurado para comunicar datos a través de ambos nodos cuando el terminal de usuario se encuentra a una distancia con respecto al primer nodo que es superior al primer umbral de área lejana y a una distancia con respecto al segundo nodo que es superior al segundo umbral de área lejana. Esto tiene la ventaja de que se pueden liberar recursos de canal para un nodo cuando el terminal de usuario está cerca de otro nodo, es decir, cuando el modo de MIMO / MISO por medio de dos antenas está desequilibrado. En el primer ejemplo, esto reduce costes computacionales en el terminal de usuario cuando no se puede conseguir una reducción significativa de la relación señal / ruido.

En el segundo ejemplo, se puede aumentar el rendimiento total del sistema cuando dos terminales de usuario diferentes se encuentran cerca de dos nodos vecinos diferentes. Para este fin, el sistema está configurado preferiblemente para, cuando el primer nodo se comunica con un primer terminal de usuario que se encuentra a una distancia con respecto al primer nodo que es inferior al primer umbral de área lejana, comunicar datos con un segundo terminal de usuario que se encuentra a una distancia con respecto al segundo nodo que es inferior al segundo umbral de área lejana en el mismo recurso de canal. Por lo tanto, se puede usar el mismo recurso de canal para dos terminales de usuario en la misma sección de comunicación pero cerca de dos nodos diferentes.

Preferentemente, la distancia del terminal de usuario con respecto a cualquiera de los nodos se determina por medio de una indicación de intensidad de señal recibida o por medio de un valor de avance en el tiempo. Esto permite una determinación eficiente de la distancia por parte de uno o ambos nodos.

Para reducir los traspasos (handovers) antes mencionados, el sistema está configurado para utilizar el mismo identificador de celda física para al menos el primer y el segundo nodo, preferiblemente para seis nodos en total, para formar una primera celda extendida, en el que un planificador común está conectado a cada uno de los nodos en la primera celda extendida y está configurado para asignar recursos de canal. Por lo tanto, los terminales de usuario nunca experimentan una transferencia (handover) cuando viajan a través de una celda extendida. El número de nodos dentro de una celda extendida se selecciona lo más alto posible, pero también está limitado por restricciones de hardware y software. Un sistema sin traspasos (handovers) es especialmente ventajoso en combinación con el modo de MIMO / MISO de múltiples nodos propuesto, ya que no se deben considerar interferencias internas con una celda extendida de ninguna manera.

Para construir una red incluso más grande, se pueden adjuntar múltiples celdas extendidas. Para este fin, el sistema tiene una segunda celda extendida con las mismas propiedades que la primera celda extendida, en el que un área de cobertura de un nodo en el borde izquierdo de la primera celda extendida se solapa con un área de cobertura de un  
 5 nodo en el borde derecho de la segunda celda extendida. A través de esto, se puede aumentar la longitud de la red unidimensional de forma arbitraria teniendo en cuenta aún las limitaciones del sistema.

Hay dos maneras de tratar la comunicación con un terminal de usuario que va desde una celda extendida a otra celda extendida. En primer lugar, se puede tratar el límite de celda entre las celdas extendidas de una manera clásica, por  
 10 ejemplo, se realiza un procedimiento de traspaso (handover) clásico para el terminal de usuario que está cambiando de celdas extendidas. Sin embargo, esto implica que ningún modo de MIMO / MISO según la invención está disponible en una sección de comunicación entre los nodos en el límite de las celdas extendidas.

En segundo lugar, la invención también proporciona una forma de mantener el modo de MIMO / MISO según la  
 15 invención en la sección de comunicación entre los nodos en el límite de las celdas extendidas. Con este fin, el planificador común de la primera celda extendida está configurado para asignar un subconjunto de todos los recursos de canal disponibles para la comunicación con una antena de dicho nodo en el borde izquierdo que está orientada hacia la segunda celda extendida, y el planificador común de la segunda celda extendida está configurado para asignar el resto de recursos de canal disponibles para la comunicación con una antena de dicho nodo en el borde derecho  
 20 que está orientada hacia a la primera celda extendida, en el que el sistema está configurado para proporcionar datos a comunicar por parte del nodo en el borde derecho también al nodo en el borde izquierdo y está configurado además para proporcionar datos a comunicar por parte del nodo en el borde izquierdo también al nodo en el borde derecho, y en el que el nodo en el borde izquierdo comunica la primera representación de código de bloque de dichos datos a un terminal de usuario entre el nodo en el borde izquierdo y el nodo en el borde derecho y el nodo en el borde derecho  
 25 comunica la segunda representación de código de bloque de dichos datos a dicho terminal de usuario entre el nodo en el borde izquierdo y el nodo en el borde derecho. Proporcionar los datos a comunicar al nodo en el borde derecho así como también al nodo en el borde izquierdo se realiza preferiblemente por medio de un cabezal de radio remoto (RRH: remote radio head) dual. Esto tiene muchas más ventajas que simplemente conectar los dos planificadores comunes entre sí, ya que esto último provocaría una latencia muy alta en el sistema. A través de la invención, se  
 30 puede evitar la comunicación directa entre los planificadores comunes dejando que preferiblemente cada planificador se ocupe sólo de la mitad de los recursos de canal disponibles. De este modo, se puede conseguir una manera de definir límites entre celdas extendidas con menos transferencias (handovers) utilizando el mismo identificador de celda física para ambas celdas extendidas.

La mayoría de los estándares de comunicación, tales como el estándar LTE, utilizan canales comunes utilizados para  
 35 el acceso al sistema y mensajes de control, cuyos canales comunes se distribuyen a intervalos en todo el ancho de banda. En una primera forma de realización de la invención, el planificador común de la primera celda extendida o el planificador común de la segunda celda extendida está configurado para generar datos asociados con canales comunes de la red celular. Esto es posible ya que ambos planificadores comunes conocen el contenido y la ubicación  
 40 exacta de los canales comunes. Esta forma de realización tiene la ventaja de que se puede mantener la división inicial de los canales de recursos en subconjuntos ortogonales.

En una segunda forma de realización, el planificador de la primera celda extendida y el planificador de la segunda  
 45 celda extendida están configurados cada uno para generar datos asociados con los canales comunes de la red celular en su respectivo subconjunto de recursos de canal disponibles. Esto tiene la ventaja de que no es necesario dividir los canales comunes, y se pueden trasladar todos los esfuerzos computacionales a un planificador, aliviando de este modo al otro planificador común de determinar el contenido de los canales comunes.

Además, ambos planificadores deben tener en cuenta el espacio de búsqueda específica del usuario. Contrariamente  
 50 al caso de los canales comunes, los elementos de recursos en los que se comunican a los terminales de usuario concesiones para terminales de usuario, es decir los denominados elementos de canal comunes, no son predeterminados, ya que el planificador o planificadores deben tener en cuenta sólo terminales de usuario que están presentes.

Para resolver este problema, el planificador de la primera celda extendida y el planificador de la segunda celda  
 55 extendida están configurados cada uno para tratar las concesiones de recursos de canal a los terminales de usuario en elementos de canal comunes que se encuentran en su respectivo subconjunto de recursos de canales disponibles. De este modo, se consigue una forma efectiva de tratar las concesiones de asignación a terminales de usuario sin afectar el comportamiento del terminal de usuario.

60 A continuación se explicará la invención ahora con más detalle en base a ejemplos de formas de realización preferidas de la misma con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

La figura 1 muestra una red celular lineal que utiliza un modo de MIMO / MISO de acuerdo con el estado de la técnica en una vista en perspectiva esquemática;

La figura 2 muestra una asignación de recursos de canal de ejemplo;

5 La figura 3 muestra una red celular lineal que utiliza un modo de MIMO / MISO según la invención en una vista en perspectiva esquemática;

La figura 4 muestra el rendimiento calculado de la red de la figura 3 en comparación con el rendimiento de la red de la figura 1 en relación con la distancia de un terminal de usuario con respecto a un nodo;

La figura 5 muestra una primera variante de la red celular lineal de la figura 3 en una vista en perspectiva esquemática;

10 La figura 6 muestra una forma de realización del nodo de la red celular lineal de la figura 3 en una vista en perspectiva esquemática;

La figura 7 muestra una segunda variante de la red celular lineal de la figura 3 en una vista en perspectiva esquemática;

La figura 8 muestra una tercera variante de la red celular lineal de la figura 3 en una vista en perspectiva esquemática;

La figura 9 muestra una cuarta variante de la red celular lineal de la figura 3 en una vista en perspectiva esquemática;

La figura 10 muestra celdas extendidas según la invención; y

15 La figura 11 muestra una conexión de los nodos en el borde de dos celdas extendidas de la figura 10.

Con respecto a la figura 1, que muestra el estado de la técnica, se hace referencia a la misma en la introducción. En la siguiente descripción de las figuras 2 a 11, se usan los mismos números de referencia para los mismos componentes que en la figura 1.

20

Según se ha comentado anteriormente para el estado de la técnica, el campo de las formas de realización que se describen a continuación es una red unidimensional lineal de nodos  $2_1, 2_2, 2_3, \dots$  en general  $2_k$ , que comunican datos 3 con terminales de usuario 4. Lineal o unidimensional significa en este contexto que los nodos  $2_k$  están dispuestos de manera similar a una cadena para que un terminal de usuario 4 se pueda mover desde un nodo  $2_k$  al siguiente nodo  $2_{k+1}$  o  $2_{k-1}$  sin que se interrumpa la comunicación. Para este fin, un primer nodo de ejemplo  $2_1$  tiene una antena 11 con un área de cobertura  $10_1$  y un segundo nodo de ejemplo  $2_2$  tiene una antena  $2_2$  con un área de cobertura  $10_2$  que se solapa con el área de cobertura  $10_1$ .

25

El estándar para comunicación puede ser según se ha descrito antes, por ejemplo, LTE, LTE-A o IEEE WiMAX 802.16e, en el que el canal de comunicación CH se divide en múltiples recursos de canal  $CR_i$  según se puede ver en la figura 2.

30

La figura 2 muestra una definición de ejemplo del canal de comunicación CH utilizado por los nodos  $2_k$  para comunicación. El canal CH se subdivide en frecuencia  $f$  en bandas de frecuencia SF y en el tiempo  $t$  en intervalos de tiempo ST; una combinación de una banda de frecuencia SF y un intervalo de tiempo ST se denomina recurso de canal  $CR_i$ . Por supuesto, el canal de comunicación CH también se podría dividir solo en el tiempo  $t$  en intervalos de tiempo ST, tal como en los estándares TDMA (acceso múltiple por división de tiempo); o se podría dividir solo en frecuencia  $f$  en bandas de frecuencia SF, tal como en los estándares FDMA (acceso múltiple por división de frecuencia). En el estándar LTE, un recurso de canal  $CR_i$  se denomina "bloque de recursos" y contiene seis o siete símbolos OFDM en 12 subportadoras, representando una subportadora de un símbolo OFDM un elemento de recurso RE del bloque de recursos  $CR_i$ .

40

La figura 3 muestra un sistema 1 de un primer y un segundo nodos de ejemplo  $2_1, 2_2$  de la red unidimensional 4. Los nodos  $2_1, 2_2$  están separados entre sí con un espaciado mutuo  $s$ , que define una sección de comunicación  $s$ .

45

Para utilizar un modo de MIMO / MISO (múltiple entrada múltiple salida - hay múltiples antenas de transmisión en el nodo o nodos y múltiples antenas de recepción en el terminal de usuario; múltiple entrada una sola salida - hay múltiples antenas de transmisión en el nodo o nodos y una sola antena de recepción en el terminal de usuario), los mismos datos 3 son comunicados por la antena 11 del primer nodo  $2_1$  y por la antena 12 del segundo nodo  $2_2$  de forma independiente pero en diferentes representaciones de código de bloque  $r_1, r_2$ . El terminal de usuario 4 recibe una señal que consiste en las representaciones físicas solapadas  $r_1, r_2$  procedentes de las antenas 11, 12 del primer y del segundo nodo  $2_1, 2_2$  y luego decodifica la señal solapada recibida procedente de las dos antenas 11, 12 para determinar el contenido correcto de los datos 3.

50

55 Para generar las dos representaciones físicas  $r_1, r_2$ , los datos 3 se dividen en un primer y un segundo símbolos de datos  $ds_1, ds_2$  de tal manera que las dos representaciones físicas  $r_1, r_2$  se pueden definir de la siguiente manera

$$r_1 = \{ds_1, ds_2\},$$

$$r_2 = \{-ds_2^*, ds_1^*\},$$

en el que  $ds_2^*$ ,  $ds_1^*$  denota un conjugado complejo del primer y segundo símbolos de datos  $ds_1$ ,  $ds_2$ , respectivamente. En este caso, un símbolo de datos  $ds_1$ ,  $ds_2$  puede corresponder a un bloque de recursos  $CR_i$  del estándar LTE, por ejemplo.

5 Para obtener la primera y segunda representaciones de código de bloque  $r_1$ ,  $r_2$ , un procesador 13 aplica un esquema de codificación de bloque espacio-tiempo (STBC: space-time block coding) o un esquema de codificación de bloque espacio-frecuencia (SFBC: space-frequency block coding) de los datos 3 a comunicar al terminal de usuario 4. El procesador 13 se puede conectar a los nodos  $2_1$ ,  $2_2$  a través de unos enlaces 14, 15. Alternativamente, se pueden incluir procesadores separados 13 en ambas antenas 11, 12 o solo en la segunda antena 12 ya que no se requiere potencia de procesamiento para la primera representación de código de bloque  $r_1$ . A continuación, la antena 11 que transmite la primera representación de código de bloque  $r_1$  se denominará antena principal M y la antena 12 que transmite la segunda representación de código de bloque  $r_2$  se denominará antena de diversidad D. Si las representaciones de código de bloque  $r_1$ ,  $r_2$  se usan según se ha indicado anteriormente, el esquema de codificación de bloque de espacio-tiempo o de espacio-frecuencia se denomina esquema de Alamouti con dos antenas de transmisión. También se pueden utilizar diferentes esquemas para los esquemas de codificación de bloque de espacio-tiempo o de espacio-frecuencia, por ejemplo, cualquier tipo de esquema de codificación de bloque de espacio-tiempo o de espacio-frecuencia ortogonal, no ortogonal o casi ortogonal, por ejemplo, un esquema de codificación de bloque de espacio-frecuencia OFDM. También son factibles esquemas de codificación de bloque de espacio-tiempo o de espacio-frecuencia de orden superior, según se describirá a continuación.

20 La figura 4, en la que se denota el rendimiento en el eje vertical en kilobytes por segundo (kbps) y la distancia de un terminal de usuario 4 con respecto al nodo más cercano  $2_1$  se denota en kilómetros (km), muestra que el rendimiento 16 del sistema clásico que se muestra en la figura 1 es diferente del rendimiento 17 conseguido por la configuración según se muestra en la figura 3. Para regiones de área lejana de un nodo  $2_k$ , el rendimiento del sistema 1 de la figura 3 es mayor debido al hecho de que en el sistema clásico 1 de la figura 1, la cantidad de ancho de banda que pueden usar los terminales de usuario 4 en regiones de área lejana es solo la mitad de todo el ancho de banda ya que un terminal de usuario 4 o múltiples terminales de usuario 4 no pueden ser atendidos por ambos nodos  $2_1$ ,  $2_2$  en el mismo recurso de canal  $CR_i$  debido a interferencias. Se observa además que el rendimiento 17 del sistema de la figura 3 es inferior cerca de un nodo  $2_k$  en regiones de área cercana del nodo  $2_k$  ya que el modo de MIMO / MISO resulta desequilibrado a causa de las diferentes distancias  $d$  del terminal de usuario 4 con respecto a los dos nodos  $2_1$ ,  $2_2$ . La distancia del terminal de usuario con respecto al nodo se puede determinar por medio de la indicación de intensidad de la señal recibida RSSI o por medio de un valor de avance en el tiempo TA en uno o ambos de los nodos más cercanos  $2_1$ ,  $2_2$ .

35 Dado que el modo de MIMO / MISO de la figura 3 sólo es eficaz en una región central de la sección de comunicación  $s$ , los datos 3 sólo son comunicados por un solo nodo  $2_k$  si el terminal de usuario 4 está situado a una distancia  $d$  con respecto a este nodo  $2_k$  que es inferior a un umbral de área lejana  $t_{f1}$ ,  $t_{f2}$  (véase la figura 5). Los nodos  $2_k$  pueden utilizar diferentes umbrales de área lejana, por ejemplo, un primer umbral de área lejana  $t_{f1}$  y un segundo umbral de área lejana  $t_{f2}$  según se muestra para los nodos  $2_1$  y  $2_2$ . Cuando el terminal de usuario 4 se encuentra a una distancia  $d$  con respecto al primer nodo  $2_1$  que es superior al primer umbral de área lejana  $t_{f1}$  y a una distancia  $d$  con respecto al segundo nodo  $2_2$  que es superior al segundo umbral de área lejana  $t_{f2}$ , es decir, en el área central de la sección de comunicación  $s$ , los datos 3 son comunicados por ambos nodos  $2_1$ ,  $2_2$ . Los umbrales de área lejana  $t_{f1}$ ,  $t_{f2}$  se pueden seleccionar, por ejemplo, como la intersección de los rendimientos 16, 17 que se muestra en la figura 3.

45 Además, el terminal de usuario 4 puede recibir comandos procedentes de cualquier nodo  $2_1$ ,  $2_2$  para gestionar el comportamiento del terminal de usuario 4 en el enlace de subida. Para este fin, el terminal de usuario 4 puede recibir un avance en el tiempo TA para ajustar su temporización en el enlace de subida para compensar el tiempo que tarda una señal transmitida por el terminal de usuario 4 en llegar a los nodos  $2_k$ . Este avance en el tiempo TA depende de la distancia  $d$  entre el terminal de usuario 4 y el nodo receptor  $2_k$ . Cuando el terminal de usuario 4 se encuentra en una región central entre dos nodos  $2_1$ ,  $2_2$ , es decir, cuando el terminal de usuario 4 se encuentra a una distancia  $d$  con respecto a los nodos  $2_k$  que es superior al respectivo umbral de área lejana  $t_{f1}$ ,  $t_{f2}$ , el avance en el tiempo TA se puede seleccionar según  $TA = (TA_1 + TA_2) / 2$ , en el que  $TA_1$ ,  $TA_2$  es el avance en el tiempo determinado por el respectivo nodo  $2_1$ ,  $2_2$ . De lo contrario, es decir, cuando el terminal de usuario 4 se encuentra a una distancia  $d$  con respecto a un nodo  $2_k$  que es inferior al respectivo umbral de área lejana  $t_{f1}$ ,  $t_{f2}$ , el avance en el tiempo solo se selecciona para el nodo más cercano según  $TA = \min(TA_1, TA_2)$ .

El avance en el tiempo TA también se puede acoplar a la intensidad de la señal recibida en los nodos  $2_1$ ,  $2_2$ , de manera que  $TA = \alpha_1 * TA_1 + \alpha_2 * TA_2$ , en el que  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$  son factores de ponderación proporcionales al nivel de potencia de una señal recibida en el respectivo nodo  $2_1$ ,  $2_2$ .

60 Adicionalmente al desplazamiento en el tiempo, una señal transmitida por el terminal de usuario 4 y recibida por los nodos  $2_1$ ,  $2_2$  está sujeta a un desplazamiento Doppler DS debido a la velocidad del terminal de usuario 4. Este desplazamiento Doppler DS será de igual magnitud en ambos nodos  $2_1$ ,  $2_2$  pero con un signo diferente de modo que

se recibe una señal con un Desplazamiento Doppler +DS en uno de los nodos  $2_1$  y con un Desplazamiento Doppler -DS en el otro nodo  $2_2$ . Cuando un terminal de usuario 4 conoce la presencia de un Desplazamiento Doppler DS, ya sea a través de una indicación de uno o ambos nodos  $2_1, 2_2$  o a través de una determinación autónoma a través de dos señales recibidas procedentes de los nodos  $2_1, 2_2$ , el terminal de usuario 4 puede ajustar su transmisión de modo que un nodo  $2_1$  reciba un desplazamiento Doppler nulo y el segundo nodo  $2_2$  reciba la señal con un desplazamiento Doppler de 2DS. Esto aumenta el rendimiento receptor de al menos el nodo  $2_1$ .

Cuando hay dos terminales de usuario 4 ubicados en la sección de comunicación  $s$ , véase la figura 5, y ambos terminales de usuario 4 están por debajo del umbral de área lejana  $t_{r1}, t_{r2}$  de sus respectivos nodos más cercanos  $2_1, 2_2$ , los datos 3 pueden ser comunicados de forma independiente a cada terminal de usuario 4 por parte de los nodos  $2_1, 2_2$  en el mismo recurso de canal  $CR_i$ . Esto duplica de nuevo el rendimiento global ya que se pueden realizar dos comunicaciones de forma independiente en la sección de comunicación  $s$  en el mismo recurso de canal  $CR_i$ .

Volviendo a la figura 3, se puede observar que el primer nodo  $2_1$  comprende una primera antena direccional 11 que tiene un área de cobertura  $10_1$  y una segunda antena direccional 18 que tiene un área de cobertura  $10_2$ . Las antenas direccionales 11, 18 están orientadas en direcciones sustancialmente opuestas  $d_R, d_L$ , y los datos 3 se pueden comunicar de forma independiente a través de ambas antenas direccionales 11, 18 en el mismo recurso de canal  $CR_i$ . En esta forma de realización, la primera antena direccional 11 es la antena principal M que comunica datos 3 en la primera representación de código de bloque  $r_1$  y la segunda antena direccional 18 es la antena de diversidad D que comunica datos 3 en la segunda representación de código de bloque  $r_2$ . En la figura 3 se puede ver además que el nodo vecino  $2_2$  también tiene dos antenas direccionales 12, 19, más específicamente una antena principal M y una antena de diversidad D, en el que la cobertura  $10_1$  de la antena principal M del primer nodo  $2_1$  se solapa con el área de cobertura  $10_2$  de la antena de diversidad D del segundo nodo  $2_2$ . Por lo tanto, la red 1 se puede construir colocando nodos  $2_1, 2_2$  que tienen la misma configuración de hardware a lo largo de una vía ferroviaria 6.

La figura 6 muestra que las áreas de cobertura  $10_1, 10_2$  de la primera y segunda antenas direccionales 11, 18 de un nodo  $2_k$  se pueden solapar en un área A sustancialmente bajo el nodo  $2_k$ , que está definida por umbrales de área cercana  $t_{n1}, t_{n2}$ . Esto se puede usar para utilizar el modo de MIMO / MISO según se muestra en la figura 1 para dos antenas omnidireccionales 7, 8. Sin embargo, en este caso las antenas direccionales 11, 18 del mismo nodo  $2_k$  transmiten la representación de dos códigos de bloque  $r_1, r_2$  de los mismos datos 3 en el mismo recurso de canal  $CR_i$ .

La figura 7 muestra que el uso de una primera antena direccional 11, cuya área de cobertura  $10_1$  se solapa con el área de cobertura  $10_2$  de una antena direccional 18 en el mismo nodo  $2_1$ , así como con un área de cobertura  $10_2$  de la antena 12 del segundo nodo  $2_2$  vecino, permite un modo de MIMO / MISO continuo a lo largo de toda la vía ferroviaria 6.

Como alternativa al uso de una antena principal y de diversidad M, D en un solo nodo  $2_1$ , la figura 8 muestra la construcción de una red 1 utilizando unos nodos  $2_1, 2_2, 2_3$  que están equipados cada uno con dos antenas direccionales 11, 18; 12, 19; 20, 21 que son ambas antenas principales o de diversidad M o D. Dichos nodos  $2_1, 2_2, 2_3$  tienen que ser colocados de manera alterna a lo largo de la vía del tren 6. En este caso, no es posible utilizar el modo de MIMO / MISO bajo los nodos  $2_1, 2_2, 2_3$ .

La figura 9 muestra que también se puede extender el concepto de la figura 3 a los nodos  $2_1, 2_2, 2_3$ , cada uno de los cuales tiene una antena omnidireccional 22, 23, 24 que se comunica como antena principal o de diversidad M, D, es decir, un nodo  $2_1$  comunica datos 3 en la primera representación de código de bloque  $r_1$  y el nodo vecino  $2_2$  comunica datos 3 en la segunda representación de código de bloque  $r_2$ . De nuevo, en este caso no es posible utilizar un modo de MIMO / MISO bajo los nodos  $2_1, 2_2, 2_3$ .

Para utilizar un Esquema de Alamouti de orden superior, los nodos  $2_1, 2_2$  de la figura 3 también pueden estar equipados con cuatro antenas (que no se muestran), por ejemplo, una antena principal M y tres antenas de diversidad D, en las que las áreas de cobertura  $10_1, 10_2$  de dos antenas se solapan completamente a pares. Para este fin, el procesador 13 puede generar cuatro representaciones de código de bloque a comunicar por parte de las antenas. También son posibles tres o más de cuatro antenas. Este concepto también se puede aplicar a los esquemas de las figuras 9 y 10 para conseguir esquemas de codificación de bloque de espacio-tiempo o de espacio-frecuencia de orden superior en el área central de la sección de comunicación  $s$  y esquemas de codificación de bloque de espacio-tiempo o de espacio-frecuencia de orden inferior bajo los nodos 2 ya que con cuatro antenas siempre hay al menos un par que se solapan.

La figura 10 muestra la construcción de una primera celda extendida  $25_1$  conectando un planificador común  $26_1$  a cada uno de los nodos  $2_1, 2_2, 2_3, 2_4$  dentro de la celda extendida  $25_1$  a través de enlaces de datos 27. Este planificador común  $26_1$  asigna recursos de canal  $CR_1$  para todos los nodos  $2_1, 2_2, 2_3, 2_4$  dentro de la celda extendida  $25_1$ . Se utiliza el mismo identificador de celda física PCI para todos los nodos  $2_1, 2_2, 2_3, 2_4$  en la celda extendida 16. Por lo tanto, no se realiza transferencia o traspaso (handover) cuando un terminal de usuario 4 viaja a través de la celda extendida  $25_1$ .



Hay dos maneras de conectar dicha celda extendida 25<sub>1</sub> con una segunda celda extendida vecina 25<sub>2</sub> que tiene las mismas propiedades que la primera celda extendida 25<sub>1</sub>. En primer lugar, las celdas extendidas 25<sub>1</sub>, 25<sub>2</sub> pueden usar diferentes identificadores de celda física PCI y se realiza un traspaso (handover) cuando un terminal de usuario 4 cambia de una celda extendida 25<sub>1</sub> a la siguiente. En este caso, no es posible el modo de MIMO / MISO entre los nodos en el límite de dos celdas extendidas 25<sub>1</sub>, 25<sub>2</sub>.

En segundo lugar, la figura 11 muestra una manera de utilizar un modo de MIMO / MISO entre un nodo en el borde derecho 2<sub>R</sub> y un nodo en el borde izquierdo 2<sub>L</sub> de dos celdas extendidas 25<sub>1</sub>, 25<sub>2</sub>. De nuevo, los nodos 2<sub>R</sub>, 2<sub>L</sub> tienen antenas 11, 12 con áreas de cobertura 10<sub>1</sub>, 10<sub>2</sub> que se solapan entre sí. El nodo en el borde izquierdo 2<sub>L</sub> tiene un cabezal de radio remoto 28<sub>1</sub> (RRH: remote radio head) y el nodo en el borde derecho tiene un cabezal de radio remoto 28<sub>2</sub>. Los dos cabezales de radio remotos 28<sub>1</sub>, 28<sub>2</sub> también pueden estar configurados como un cabezal de radio remoto dual conectado tanto al nodo en el borde derecho como al nodo en el borde izquierdo 2<sub>R</sub>, 2<sub>L</sub>. El planificador común 26<sub>1</sub> de la primera celda extendida 25<sub>1</sub>, que asigna recursos de canal CR<sub>i</sub> para el nodo en el borde izquierdo 2<sub>L</sub>, también está conectado, en este caso, al cabezal de radio remoto 28<sub>2</sub> de la segunda celda extendida 25<sub>2</sub> a través de un enlace de acoplamiento 29<sub>1</sub> para los fines que se describen a continuación. Por otro lado, el planificador común 26<sub>2</sub> de la segunda celda extendida 25<sub>2</sub> está conectado, en este caso, al cabezal de radio remoto 28<sub>1</sub> del nodo en el borde izquierdo 2<sub>L</sub> de la primera celda extendida 25<sub>1</sub> a través de un enlace de acoplamiento 29<sub>2</sub>.

Dado que los dos planificadores comunes 26<sub>1</sub>, 26<sub>2</sub> no se pueden comunicar directamente entre sí, a causa de razones de latencia, uno de los planificadores 26<sub>1</sub> asigna sólo un subconjunto de todos los recursos de canal disponibles CR<sub>i</sub> a una antena 11 de dicho nodo en el borde izquierdo 2<sub>L</sub> que está orientada hacia la segunda celda extendida 25<sub>2</sub>, y el planificador común 26<sub>2</sub> de la segunda celda extendida 25<sub>2</sub> sólo asigna los recursos de canal disponibles restantes CR<sub>i</sub> a una antena 12 de dicho nodo en el borde derecho que está orientada hacia la primera celda extendida 25<sub>1</sub>. En el ejemplo de la figura 10, el planificador común 26<sub>1</sub> de la primera celda extendida asigna la primera mitad de los recursos de canal CR<sub>1</sub>, CR<sub>2</sub>, CR<sub>3</sub> y el otro planificador común asigna la segunda mitad de los recursos de canal CR<sub>4</sub>, CR<sub>5</sub>, CR<sub>6</sub>.

Los planificadores comunes 26<sub>1</sub>, 26<sub>2</sub> hacen entonces que estos recursos de canal CR<sub>i</sub> estén disponibles para los cabezales de radio remotos 28<sub>1</sub>, 28<sub>2</sub> de los nodos en el borde 2<sub>L</sub>, 2<sub>R</sub> de la respectiva otra celda extendida 25<sub>1</sub>, 25<sub>2</sub> a través de enlaces de acoplamiento 29<sub>1</sub>, 29<sub>2</sub>. Por lo tanto, las antenas 11, 12 con las áreas de cobertura solapadas 10<sub>1</sub>, 10<sub>2</sub> en la región de borde o colindante de las celdas extendidas 25<sub>1</sub>, 25<sub>2</sub> tienen los mismos datos completos 3 disponibles para su comunicación. De nuevo, una de las antenas 11 comunica los datos 3 en la primera representación de código de bloque r<sub>1</sub> y la otra antena 12 comunica estos datos 3 en la segunda representación de código de bloque r<sub>2</sub> en los mismos recursos de canal CR<sub>i</sub>. A través de esto, el modo de MIMO / MISO según se muestra en la figura 3 también se puede utilizar en la región de borde o colindante de las dos celdas extendidas 25<sub>1</sub>, 25<sub>2</sub>. Además, las celdas extendidas 25<sub>1</sub>, 25<sub>2</sub> pueden utilizar el mismo identificador de celda física PCI, de modo que no se debe realizar ningún traspaso o transferencia (handover) cuando el terminal de usuario 4 pasa de una celda extendida 25<sub>1</sub> a una celda extendida vecina 25<sub>2</sub>.

En muchos estándares de comunicación, especialmente en el estándar LTE, se utilizan canales comunes para sincronizar un terminal de usuario 4 con el canal de comunicación y entregar información de red general al terminal de usuario 4. El contenido y la ubicación exacta – en frecuencia y/o en tiempo – de los canales comunes son conocidos por todos los planificadores 26<sub>1</sub>, 26<sub>2</sub> de la red celular lineal 1. Sin embargo, en la división de los recursos de canal disponibles CR<sub>i</sub>, también se requiere un modo de tratar con los canales comunes. Para este fin, el planificador común 26<sub>1</sub> de la primera celda extendida 25<sub>1</sub> o el planificador común 26<sub>2</sub> de la segunda celda extendida 25<sub>2</sub> está configurado para generar datos asociados con canales comunes de la red celular 1. Esto significa que uno de los dos planificadores 26<sub>1</sub>, 26<sub>2</sub> genera y gestiona todos los canales comunes que se deben comunicar en la sección de comunicación s entre las dos celdas extendidas 25<sub>1</sub>, 25<sub>2</sub>.

Alternativamente, el planificador común 26<sub>1</sub> de la primera celda extendida 25<sub>1</sub> y el planificador común 26<sub>2</sub> de la segunda celda extendida 25<sub>2</sub> están configurados cada uno para generar datos 3 asociados con canales comunes de la red celular en su respectivo subconjunto de recursos de canal disponibles CR<sub>i</sub>. Los planificadores comunes 26<sub>1</sub>, 26<sub>2</sub> comparten de este modo la carga de trabajo y generan, por ejemplo, la mitad de los datos asociados a los canales comunes.

Si bien los canales comunes tienen ubicaciones y contenido fijos en los canales de comunicación CR<sub>i</sub>, los elementos de canal comunes (CCE: common channel elements) son asociados a un espacio de búsqueda específico de usuario distribuido libremente en todo el ancho de banda del canal de comunicación para asignar concesiones de enlace de subida y de enlace de bajada a los diversos terminales de usuario 4. Esto significa que no solo la ubicación sino también el contenido de los CCE es dependiente de los terminales de usuario 4 en la celda extendida específica 25<sub>1</sub>, 25<sub>2</sub>. Dado que solo la mitad de los recursos de canal CR<sub>i</sub> están disponibles para un planificador 26<sub>1</sub> si se va a utilizar el modo de MIMO / MISO entre las celdas extendidas 25<sub>1</sub>, 25<sub>2</sub>, cada uno de los planificadores 26<sub>1</sub>, 26<sub>2</sub> trata con las concesiones de recursos de canal CR<sub>i</sub> a los terminales de usuario 4 solo en CCE que se encuentran en su respectivo

subconjunto de recursos de canal disponibles  $CR_i$ . En esta opción, no todas las combinaciones de CCE están disponibles a causa de la partición de la totalidad de recursos de canal disponibles  $CR_i$ .

5 Alternativamente, los planificadores  $26_1, 26_2$  están generando su propio espacio de búsqueda específico de usuario en la restricción virtual de que sólo la mitad de la cantidad de CCE están disponibles en total, es decir, ambos planificadores  $26_1, 26_2$  determinan las combinaciones de CCE como si el ancho de banda total fuera  $i/2$ , en el que  $i$  es el número total real de recursos de canal  $CR_i$ . Entonces, uno de los planificadores  $26_1, 26_2$  aplica un desplazamiento de  $i/2$  a las combinaciones de CCE que se generan. Por lo tanto, son posibles todas las combinaciones de CCE si bien en la primera opción se separan las combinaciones de CCE. En esta opción, el terminal de usuario 4 debe ser  
10 consciente de este desplazamiento, que se puede indicar en los canales comunes.

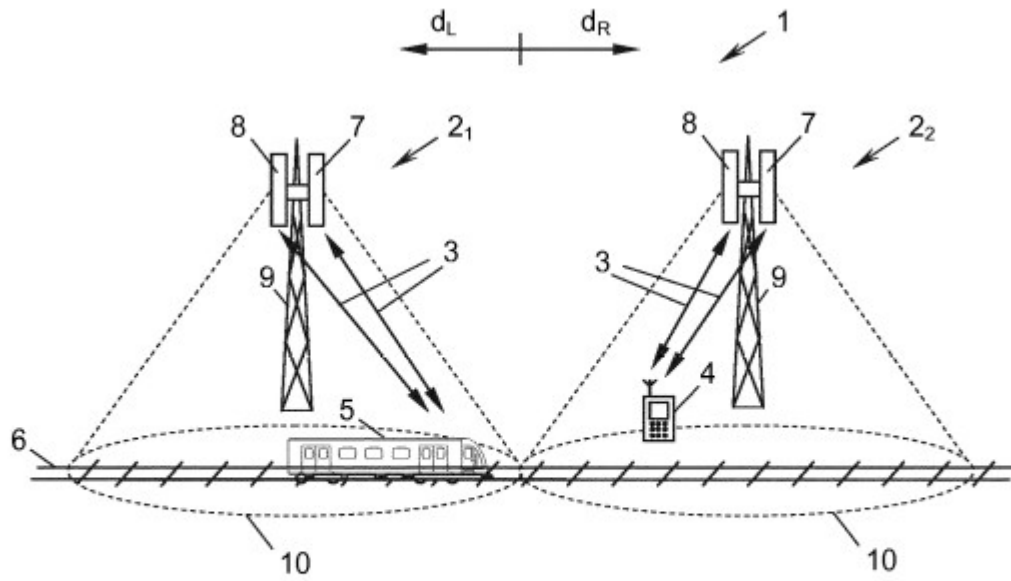
La invención está definida por las reivindicaciones independientes adjuntas. En las reivindicaciones dependientes se estipulan formas de realización preferidas de la invención. Si bien se han descrito varias formas de realización y/o ejemplos en la descripción, la materia para la que se busca protección se limita estricta y únicamente a aquellas formas  
15 de realización y/o ejemplos que se encuentran dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas. Las formas de realización y/o ejemplos mencionados en la descripción que no se encuentran dentro del alcance de las reivindicaciones son útiles para comprender la invención.

La invención no se limita a las formas de realización específicas descritas en detalle en este documento sino que  
20 abarca todas las variantes, combinaciones y modificaciones de las mismas que se encuentran dentro del marco de las reivindicaciones adjuntas.

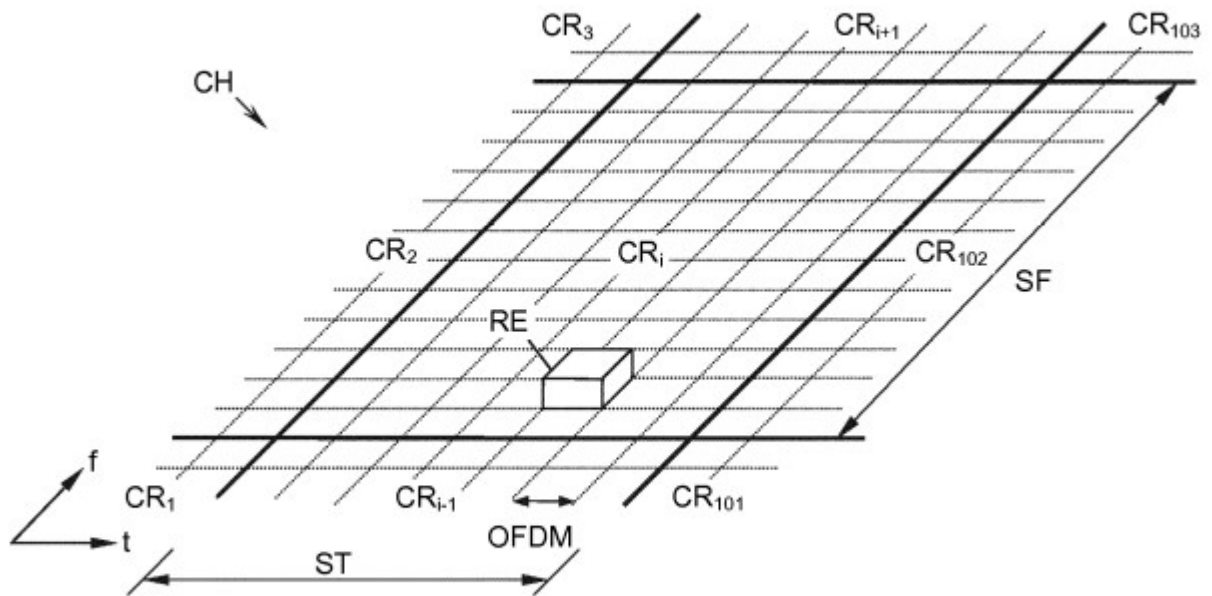
## REIVINDICACIONES

1. Sistema que comprende un primer y un segundo nodo ( $2_1, 2_2$ ) de una red celular lineal, en el que los nodos ( $2_1, 2_2$ ) están separados entre sí con un espaciado recíproco, definiendo dicho espaciado recíproco una sección de comunicación (s), teniendo cada nodo ( $2_1, 2_2$ ) al menos una antena (11, 12, 18, 19) para comunicarse de forma inalámbrica con un terminal de usuario (4) ubicado en la sección de comunicación (s) entre el primer y segundo nodos ( $2_1, 2_2$ ),  
 5 en el que ambos nodos ( $2_1, 2_2$ ) están configurados para comunicarse a través de un canal de comunicación (CH) que tiene una pluralidad de recursos de canal ( $CR_i$ ),  
 10 en el que un procesador (13) del sistema (1) está configurado para aplicar un esquema de codificación de bloque de espacio-tiempo o de espacio-frecuencia en datos (3) a comunicar al terminal de usuario (4) para generar una primera y una segunda representaciones de código de bloque ( $r_1, r_2$ ) de los mismos datos (3),  
 en el que el primer nodo ( $2_1$ ) está configurado para comunicar la primera representación de código de bloque ( $r_1$ ) de datos (3) al terminal de usuario (4) en uno de los recursos de canal ( $CR_i$ ) y el segundo nodo ( $2_2$ ) está configurado para  
 15 comunicar la segunda representación de código de bloque ( $r_2$ ) de datos (3) al terminal de usuario (4) en el mismo recurso de canal ( $CR_i$ ),  
 en el que el primer nodo ( $2_1$ ) comprende una primera y una segunda antenas direccionales (11, 18) que están orientadas en direcciones sustancialmente opuestas ( $d_L, d_R$ ), en el que los datos (3) pueden ser comunicados de forma independiente por ambas antenas (11, 18) en el mismo recurso de canal ( $CR_i$ ), y  
 20 en el que la primera antena direccional (11) del primer nodo ( $2_1$ ) está configurada para comunicar la primera representación de código de bloque ( $r_1$ ) de datos (3) y la segunda antena direccional (18) del primer nodo ( $2_1$ ) está configurada para comunicar la segunda representación de código de bloque ( $r_2$ ) de datos (3).
2. Sistema según la reivindicación 1, **caracterizado porque** el esquema de codificación de bloque de espacio-tiempo o de espacio-frecuencia es un esquema de Alamouti, en el que los datos (3) a comunicar al terminal de usuario (4) consisten en un primer y un segundo símbolos de datos ( $ds_1, ds_2$ ), teniendo la primera representación ( $r_1$ ) el primer símbolo de datos ( $ds_1$ ) seguido por el segundo símbolo de datos ( $ds_2$ ) y teniendo la segunda representación ( $r_2$ ) un conjugado complejo negativo del segundo símbolo de datos ( $ds_2$ ) seguido por un conjugado complejo del primer símbolo de datos ( $ds_1$ ).  
 25  
 30
3. Sistema según la reivindicación 1, **caracterizado porque** cada nodo ( $2_1, 2_2$ ) tiene dos antenas (11, 12) para comunicarse de forma inalámbrica con un terminal de usuario (4) ubicado en la sección de comunicación (s) entre el primer y segundo nodos ( $2_1, 2_2$ ) de modo que se puede utilizar un esquema de Alamouti con cuatro antenas de transmisión (11, 12).  
 35
4. Sistema según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado porque** las áreas de cobertura ( $10_1, 10_2$ ) de la primera y segunda antenas direccionales (11, 18) del primer nodo ( $2_1$ ) se solapan en un área (A) sustancialmente bajo el nodo,  
 en el que el sistema (1) está configurado para comunicar, cuando el terminal de usuario (4) se encuentra a una primera  
 40 distancia (d) con respecto al primer nodo ( $2_1$ ) que es inferior a un umbral de área cercana ( $t_{n1}, t_{n2}$ ), la primera representación de código de bloque ( $r_1$ ) de los datos en uno de los recursos de canal ( $CR_i$ ) a través de la primera antena (11) del primer nodo ( $2_1$ ) y para comunicar la segunda representación de código de bloque ( $r_2$ ) de los mismos datos en el mismo recurso de canal ( $CR_i$ ) a través de la segunda antena (18) del primer nodo ( $2_1$ ).
- 45 5. Sistema según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado porque** el sistema (1) está configurado para comunicar datos (3) sólo a través del primer nodo ( $2_1$ ) cuando el terminal de usuario (4) se encuentra a una segunda distancia (d) con respecto al primer nodo ( $2_1$ ) que es inferior a un primer umbral de área lejana ( $t_{f1}$ ),  
 en el que el sistema (1) está configurado para comunicar datos (3) sólo a través del segundo nodo ( $2_2$ ) cuando el terminal de usuario (4) se encuentra a una tercera distancia (d) con respecto al segundo nodo ( $2_2$ ) que es inferior a un  
 50 segundo umbral de área lejana ( $t_{f2}$ ), y  
 en el que el sistema (1) está configurado para comunicar datos (3) través de ambos nodos ( $2_1, 2_2$ ) cuando el terminal de usuario (4) se encuentra a una cuarta distancia (d) con respecto al primer nodo ( $2_1$ ) que es superior al primer umbral de área lejana ( $t_{f1}$ ) y a una quinta distancia (d) con respecto al segundo nodo ( $2_2$ ) que es superior al segundo umbral de área lejana ( $t_{f2}$ ).  
 55
6. Sistema según la reivindicación 5, **caracterizado porque** el sistema (1) está configurado para, cuando el primer nodo ( $2_1$ ) se comunica con un primer terminal de usuario (4) que se encuentra a una sexta distancia (d) con respecto al primer nodo ( $2_1$ ) que es inferior al primer umbral de área lejana ( $t_{f1}$ ), comunicar datos (3) con un segundo terminal de usuario (4) que se encuentra a una séptima distancia (d) con respecto al segundo nodo ( $2_2$ ) que es inferior al  
 60 segundo umbral de área lejana ( $t_{f2}$ ) en el mismo recurso de canal ( $CR_i$ ).

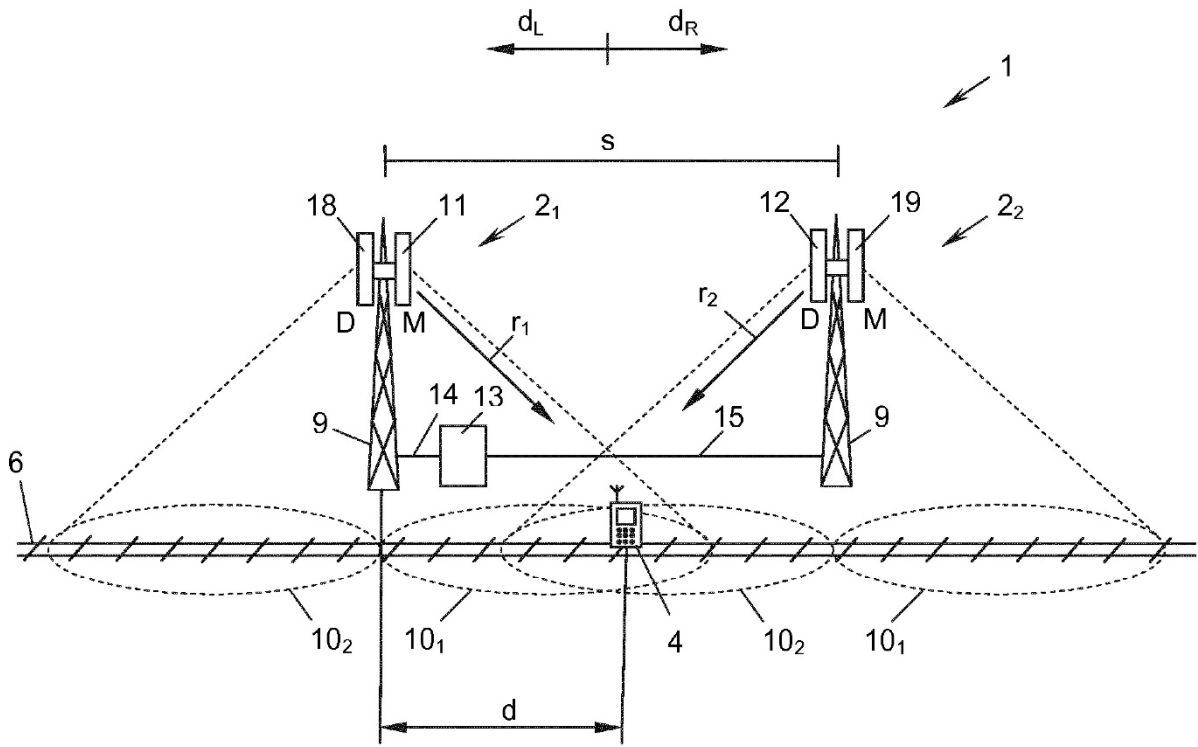
7. Sistema según una cualquiera de las reivindicaciones 4 a 6, **caracterizado porque** la distancia (d) del terminal de usuario (4) con respecto a cualquiera de los nodos ( $2_1$ ,  $2_2$ ) se determina a través de una indicación de intensidad de señal recibida (RSSI) o a través de un valor de avance en el tiempo (TA).
- 5 8. Sistema según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado porque** el sistema (1) está configurado para utilizar el mismo identificador de celda física (PCI) para al menos el primer y segundo nodos ( $2_1$ ,  $2_2$ ), preferiblemente para seis nodos en total, para formar una primera celda extendida ( $25_1$ ), en el que un planificador común ( $26_1$ ) está conectado a cada uno de los nodos ( $2_1$ ,  $2_2$ ) en la primera celda extendida ( $25_1$ ) y está configurado para asignar recursos de canal ( $CR_i$ ).
- 10 9. Sistema según la reivindicación 8, **caracterizado porque** el sistema (1) tiene una segunda celda extendida ( $25_2$ ) con las mismas propiedades que la primera celda extendida ( $25_1$ ), en el que un área de cobertura ( $10_1$ ) de un nodo ( $2_L$ ) en el borde izquierdo de la primera celda extendida ( $25_1$ ) se solapa con un área de cobertura ( $10_2$ ) de un nodo ( $2_R$ ) en el borde derecho de la segunda celda extendida ( $25_2$ ).
- 15 10. Sistema según la reivindicación 9, **caracterizado porque** el planificador común ( $26_1$ ) de la primera celda extendida ( $25_1$ ) está configurado para asignar un subconjunto de todos los recursos de canal ( $CR_i$ ) disponibles para comunicación a una antena (11) de dicho nodo en el borde izquierdo ( $2_L$ ) orientada hacia la segunda celda extendida ( $25_2$ ), y el planificador común ( $26_2$ ) de la segunda celda extendida ( $25_2$ ) está configurado para asignar los recursos de canal ( $CR_i$ ) disponibles restantes para comunicación a una antena (12) de dicho nodo en el borde derecho ( $2_L$ ) orientada hacia la primera celda extendida ( $25_1$ ), en el que el sistema (1) está configurado para proporcionar datos (3) a comunicar por parte del nodo en el borde derecho ( $2_R$ ) también al nodo en el borde izquierdo ( $2_L$ ) y está configurado además para proporcionar datos (3) a comunicar por parte del nodo en el borde izquierdo ( $2_L$ ) también al nodo en el borde derecho ( $2_R$ ), y
- 20 25 en el que el nodo en el borde izquierdo ( $2_L$ ) comunica la primera representación de código de bloque ( $r_1$ ) de dichos datos (3) a un terminal de usuario (4) entre el nodo en el borde izquierdo ( $2_L$ ) y el nodo en el borde derecho ( $2_R$ ) y el nodo en el borde derecho ( $2_R$ ) comunica la segunda representación de código de bloque ( $r_2$ ) de dichos datos (3) a dicho terminal de usuario (4) entre el nodo en el borde izquierdo ( $2_L$ ) y el nodo en el borde derecho ( $2_R$ ).
- 30 11. Sistema según la reivindicación 9 o 10, **caracterizado porque** el planificador común ( $26_1$ ) de la primera celda extendida ( $25_1$ ) o el planificador común ( $26_2$ ) de la segunda celda extendida ( $25_2$ ) está configurado para generar datos (3) asociados con canales comunes de la red celular.
- 35 12. Sistema según la reivindicación 9 o 10, **caracterizado porque** el planificador ( $26_1$ ) de la primera celda extendida ( $25_1$ ) y el planificador ( $26_2$ ) de la segunda celda extendida ( $25_2$ ) están configurados cada uno para generar datos (3) asociados con canales comunes de la red celular en su respectivo subconjunto de recursos de canal disponibles ( $CR_i$ ).
- 40 13. Sistema según una cualquiera de las reivindicaciones 8 a 12, **caracterizado porque** el planificador ( $26_1$ ) de la primera celda extendida ( $25_1$ ) y el planificador ( $26_2$ ) de la segunda celda extendida ( $25_2$ ) están configurados cada uno para tratar concesiones de recursos de canal ( $CR_i$ ) a terminales de usuario (4) en elementos de canal comunes que se encuentran en su respectivo subconjunto de recursos de canal disponibles ( $CR_i$ ).



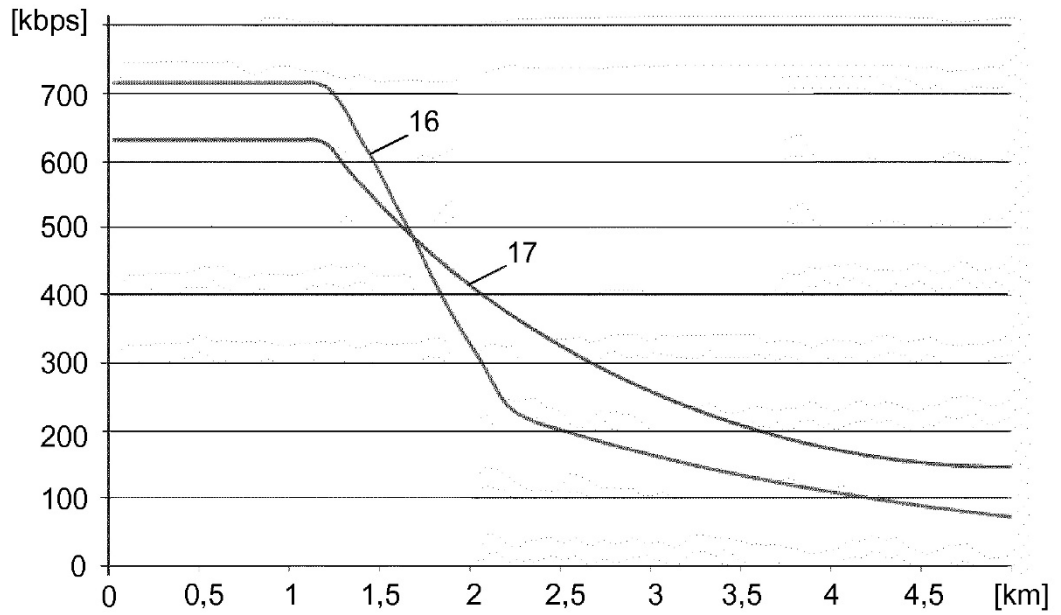
**Fig. 1**  
(Técnica Anterior)



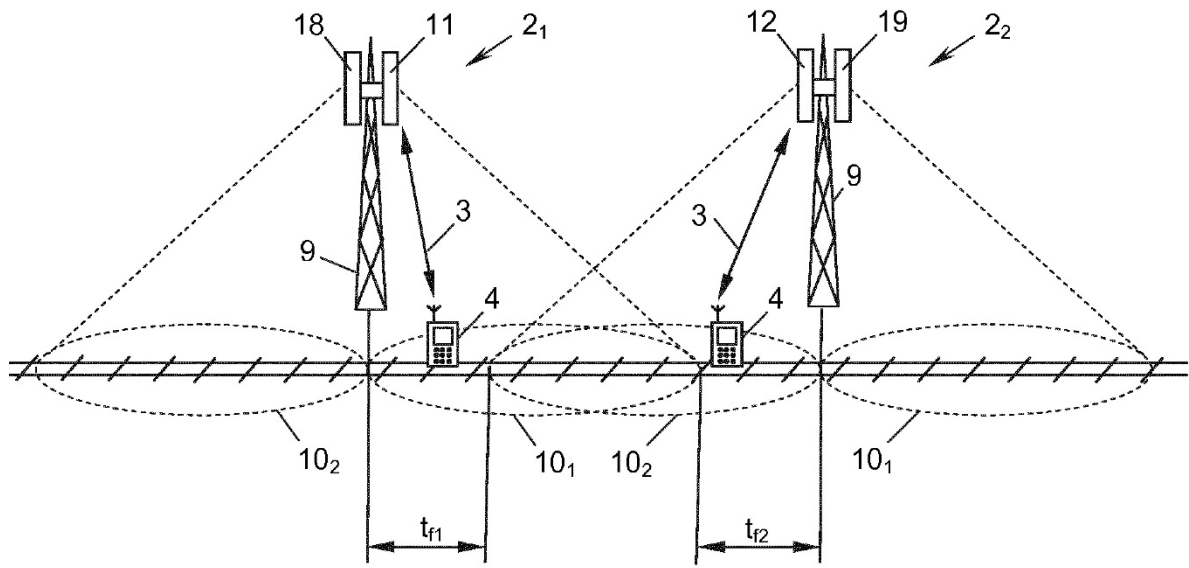
**Fig. 2**



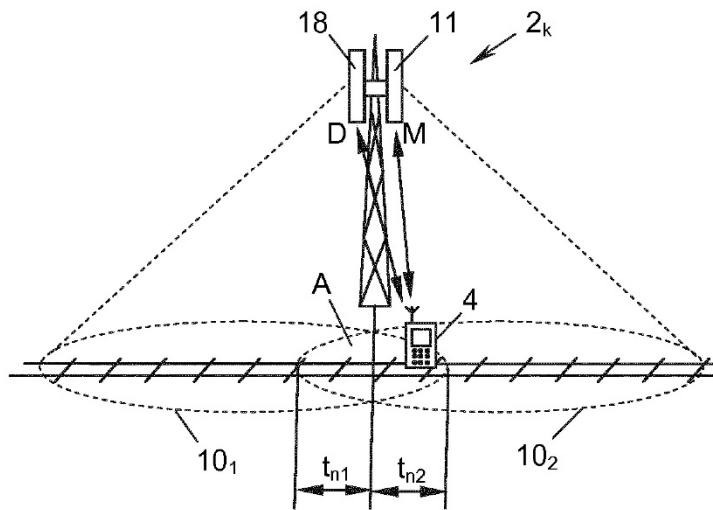
**Fig. 3**



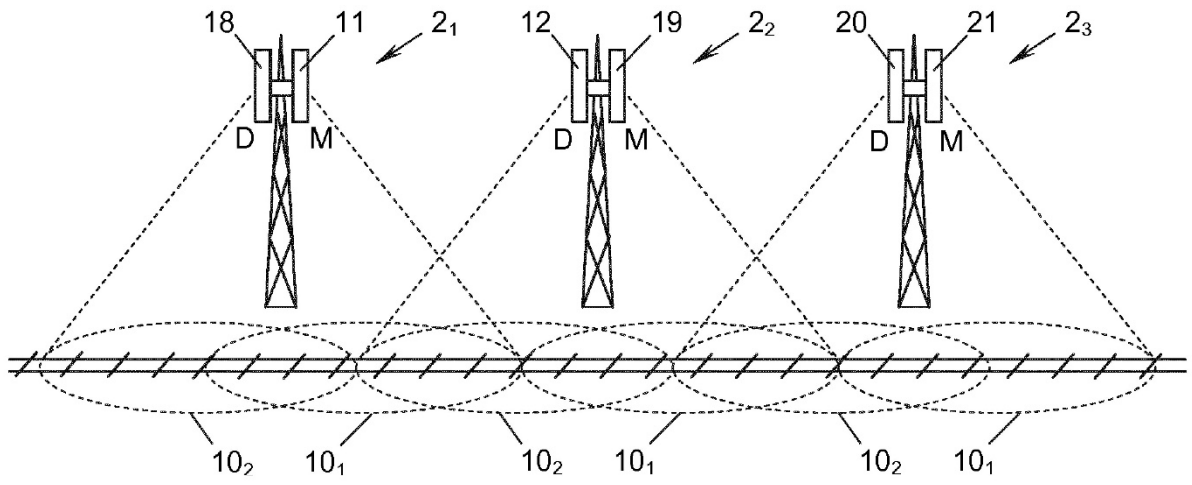
**Fig. 4**



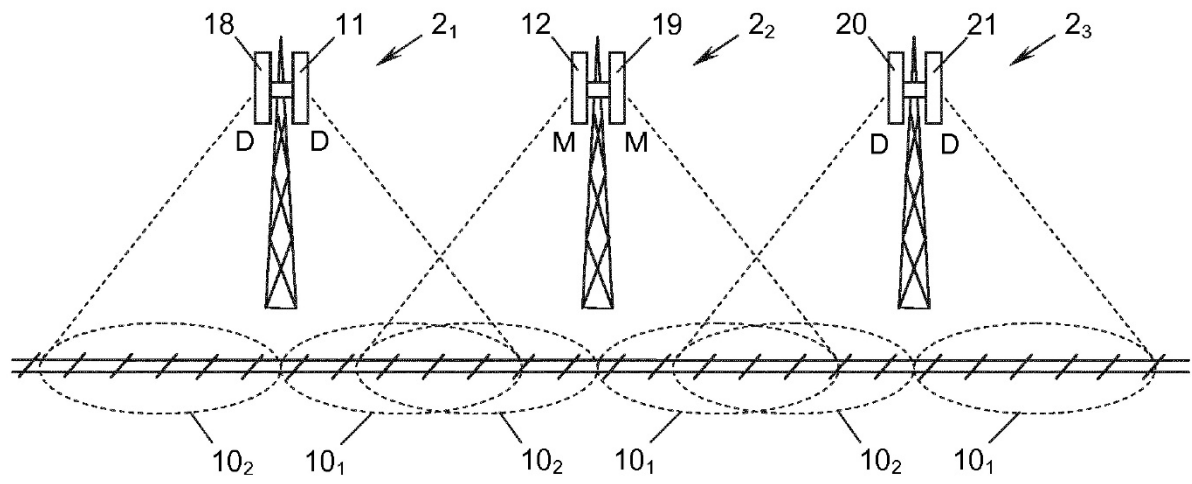
**Fig. 5**



**Fig. 6**

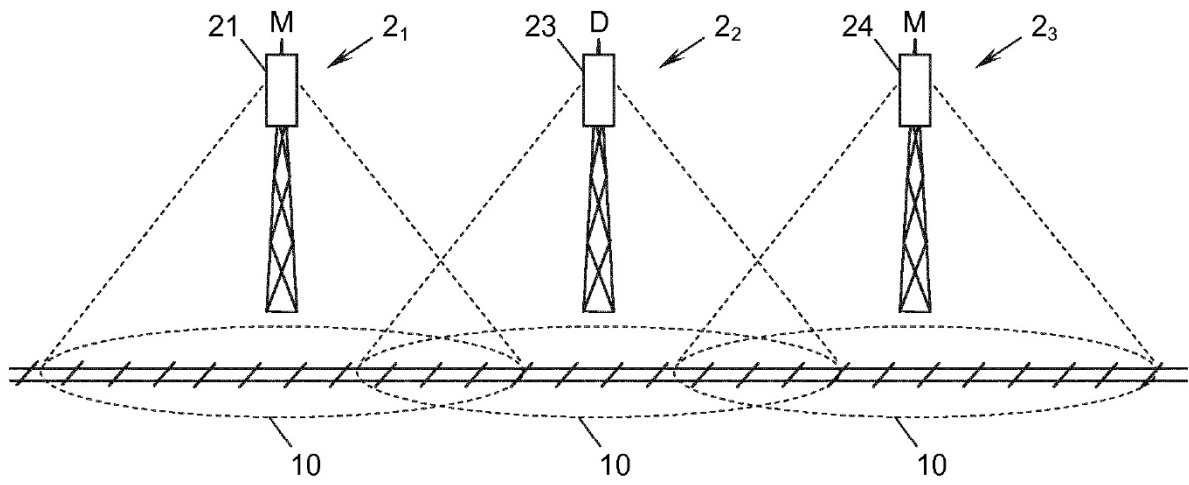


**Fig. 7**

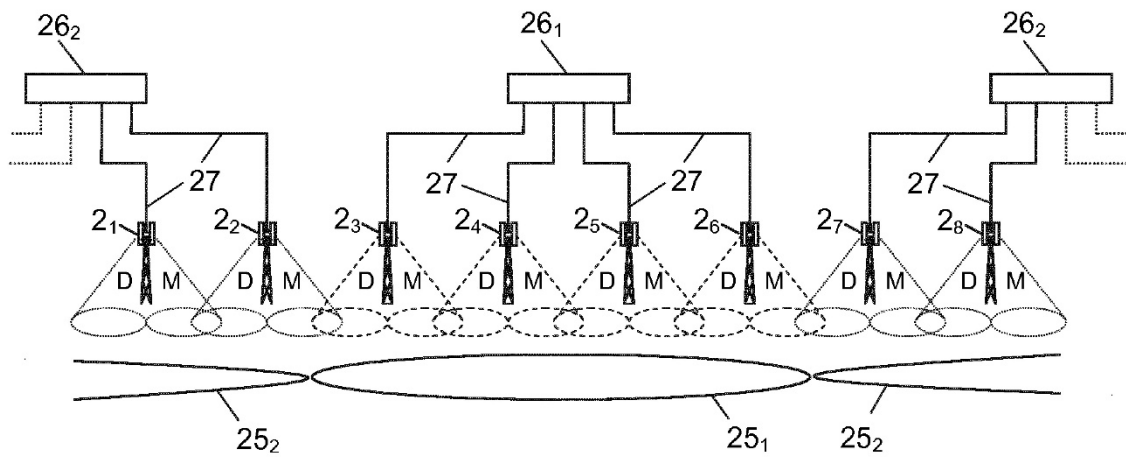


**Fig. 8**

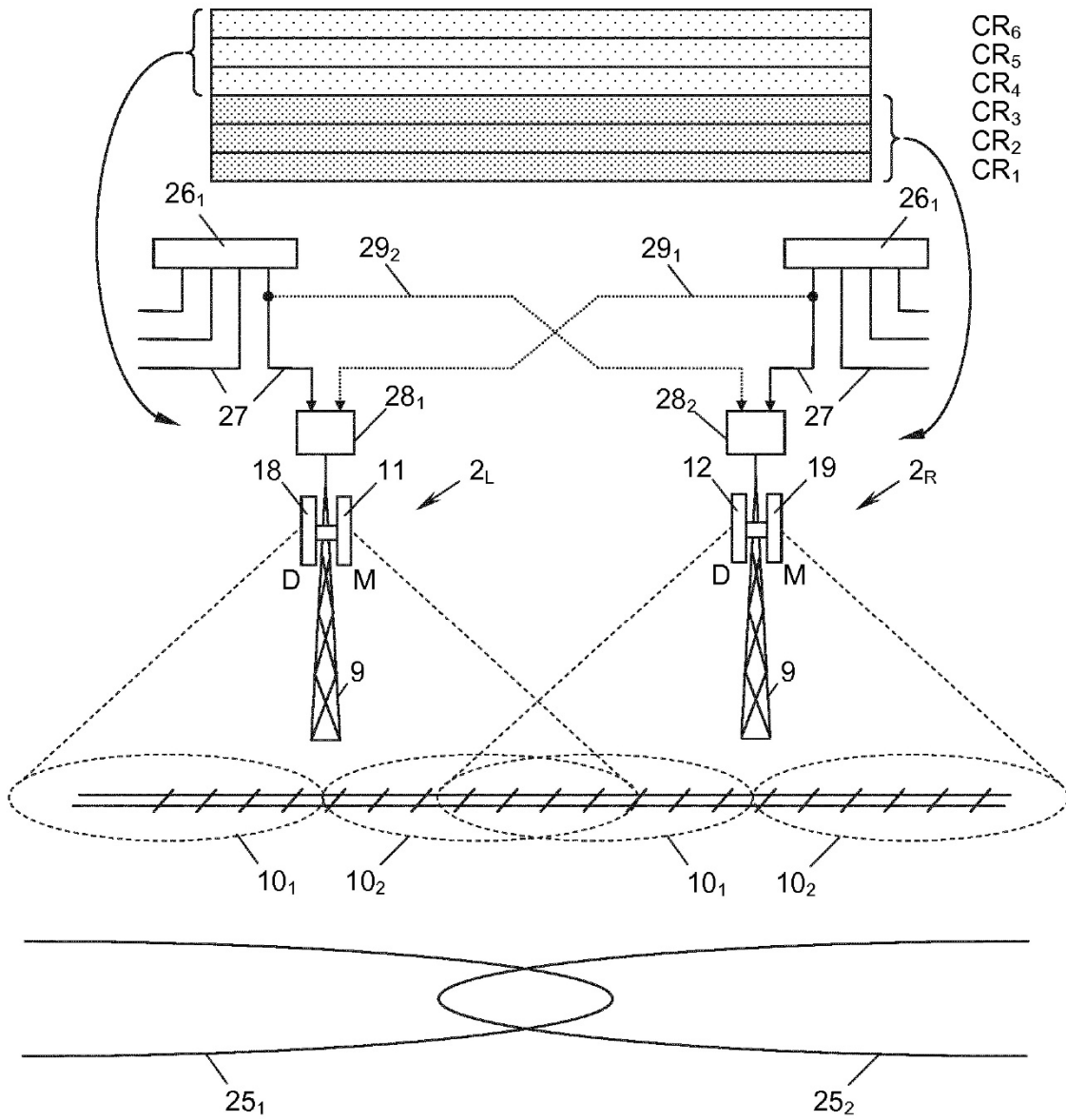




**Fig. 9**



**Fig. 10**



**Fig. 11**