(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 755 366**

(51) Int. Cl.:

H04B 7/06 (2006.01)
H04B 7/08 (2006.01)
H04B 7/04 (2007.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **13.05.2015** **PCT/EP2015/060680**

(87) Fecha y número de publicación internacional: **17.11.2016** **WO16180497**

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.05.2015** **E 15723902 (1)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.08.2019** **EP 3295582**

(54) Título: **Formación de haz**

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
22.04.2020

(73) Titular/es:

TELEFONAKTIEBOLAGET LM ERICSSON (PUBL) (100.0%)
164 83 Stockholm, SE

(72) Inventor/es:

SELÉN, YNGVE y
KRONANDER, JONAS

(74) Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 755 366 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

Formación de haz

Campo técnico

Diversas realizaciones de la invención hacen referencia a un dispositivo que ejecuta la transmisión en una pluralidad de direcciones obtenidas mediante formación de haz dependiendo de una orientación del dispositivo. En particular, diversas realizaciones hacen referencia a técnicas de priorización de la transmisión en una primera dirección obtenida mediante formación de haz de la pluralidad de direcciones obtenidas mediante formación de haz sobre la transmisión en una segunda dirección obtenida mediante formación de haz de la pluralidad de direcciones obtenidas mediante formación de haz.

Antecedentes

La formación de haz es una técnica prometedora considerada para los sistemas modernos de comunicaciones móviles. La formación de haz se emplea para la transmisión que emplea un conjunto de antenas que comprende una pluralidad de antenas. Estableciendo de manera adecuada los pesos de las antenas que definen una contribución de cada una de las antenas del conjunto de antenas a la transmisión de una señal, se hace posible configurar la sensibilidad de la transmisión a un valor particularmente alto en una dirección específica obtenida mediante formación de haz (haz de dirección). Empleando diferentes pesos de antena, se pueden conseguir diferentes patrones de haz, por ejemplo, se pueden emplear de manera secuencial diferentes haces de dirección.

En general, la formación de haz puede ser empleada por un nodo de acceso de una red inalámbrica y/o por un dispositivo de comunicación (UE – User Equipment, en inglés) de la red inalámbrica. Cuando un UE que está en movimiento emplea la formación de haz, puede ser necesario adaptar dinámicamente los pesos de las antenas para compensar el movimiento del UE (formación de haz dinámica).

En general, la formación de haz se puede emplear cuando se envía y/o se recibe una señal. La formación de haz cuando se envía una señal puede permitir dirigir la señal hacia un receptor de interés durante el envío; asimismo, la formación de haz cuando se recibe una señal puede permitir proporcionar una alta sensibilidad durante la recepción de la señal que se origina desde un transceptor de interés.

En general, la formación de haz puede permitir mejores asignaciones de enlaces, debido a las menores potencias de la señal de envío y a la mayor potencia de señal recibida necesarias; esto se debe a que la potencia de transmisión puede ser enfocada de manera anisótropa, por ejemplo, en un ángulo sólido de interés, si se compara con un escenario convencional que no emplea la formación de haz y que depende de una transmisión más o menos isótropa.

No todos los tipos de señales son adecuados para ser transmitidos empleando haces de dirección. Ciertas señales, tales como las señales de control, pretenden cubrir un entorno comparablemente grande del UE. Este puede ser un escenario típico, con una ubicación específica del transceptor de interés desconocida o solo conocida con una incertidumbre comparablemente alta. Para escenarios de este tipo, se conocen diferentes técnicas. Una técnica es emplear el llamado barrido de haz, en el que un cierto ángulo sólido de todo el entorno del UE se “pinta” o escanea barriendo uno o varios haces de dirección sobre el área. Otro escenario está basado en un patrón omnidireccional por medio de la selección apropiada de pesos de antena, o por medio de una antena omnidireccional separada. En escenarios de este tipo, la potencialmente alta asignación de enlaces ofrecida cuando se emplea la formación de haz es negociada en favor de una cobertura de área extensa.

En particular, las técnicas de este tipo tal como las explicadas anteriormente se enfrentan a ciertos inconvenientes y restricciones. Típicamente, cuando se emplea el barrido de haces mediante haces de dirección que apuntan a ciegas, por ejemplo, en un orden arbitrario, para descubrir un transceptor de interés, el tiempo necesario para descubrir con éxito el transceptor de interés y, por lo tanto, el consumo de energía para descubrir con éxito el transceptor de interés, puede ser alto. Además, la ocupación del espectro puede llegar a ser bastante alta de media en escenarios de este tipo.

El documento US 2009/232240 A1 da a conocer un método para la formación de haz que consigue los criterios de optimización de la formación de haz.

El documento US 2015/009951 da a conocer un método para configurar un canal de sondeo.

Compendio

Por lo tanto, existe la necesidad de técnicas avanzadas de formación de haz.

De acuerdo con un aspecto, se proporciona un dispositivo que puede ser conectado a la red inalámbrica a través de una interfaz de radio. El dispositivo comprende un conjunto de antenas configurado para ejecutar la transmisión en una pluralidad de direcciones obtenidas mediante formación de haz. El dispositivo comprende, además, al menos, un procesador. Al menos, un procesador está configurado para determinar, en base, al menos, a una información

espacial del dispositivo, los pesos de antena de la pluralidad de direcciones obtenidas mediante formación de haz. El, al menos, un procesador está configurado para controlar el conjunto de antenas, en base a los pesos de antena, para ejecutar de manera secuencial la transmisión en la pluralidad de direcciones obtenidas mediante formación de haz y priorizar la transmisión en una primera dirección obtenida mediante formación de haz de la pluralidad de direcciones obtenidas mediante formación de haz sobre la transmisión en una segunda dirección obtenida mediante formación de haz de la pluralidad de direcciones obtenidas mediante formación de haz.

De acuerdo con otro aspecto, se proporciona un método. El método comprende determinar los pesos de antena de una pluralidad de direcciones obtenidas mediante formación de haz en base, al menos, a una información espacial de un dispositivo. El dispositivo puede ser conectado a una red inalámbrica a través de una interfaz de radio. El método comprende, además, controlar un conjunto de antenas del dispositivo para ejecutar de manera secuencial la transmisión en la pluralidad de direcciones obtenidas mediante formación de haz, y para priorizar la transmisión en una primera dirección obtenida mediante formación de haz de la pluralidad de direcciones obtenidas mediante formación de haz sobre la transmisión en una segunda dirección obtenidas mediante formación de haz de la pluralidad de direcciones obtenidas mediante formación de haz

De acuerdo con un aspecto, se proporciona un producto de programa informático. El producto de programa informático comprende el código de programa que debe ser ejecutado por, al menos, un procesador de un dispositivo. La ejecución del código de programa hace que el, al menos, un procesador ejecute un método que comprende: determinar, en base, al menos, a una información espacial del dispositivo, los pesos de antena de una pluralidad de direcciones obtenidas mediante formación de haz. El dispositivo puede ser conectado a una red inalámbrica a través de una interfaz de radio. El método comprende, además, controlar un conjunto de antenas del dispositivo para ejecutar de manera secuencial la transmisión en la pluralidad de direcciones obtenidas mediante formación de haz y priorizar la transmisión en una primera dirección obtenida mediante formación de haz de la pluralidad de direcciones obtenidas mediante formación de haz sobre la transmisión en una segunda dirección obtenida mediante formación de haz de la pluralidad de direcciones obtenidas mediante formación de haz.

Las características de los aspectos y realizaciones mencionados anteriormente pueden ser combinadas entre sí en otras realizaciones.

Breve descripción de los dibujos

Las características y efectos anteriores y adicionales de la invención se harán evidentes a partir de la siguiente descripción detallada cuando sea leída junto con los dibujos adjuntos, en los que números de referencia iguales hacen referencia a elementos similares.

La figura 1 es una ilustración esquemática de la red inalámbrica, de acuerdo con diversas realizaciones, en la que un UE está conectado a la red inalámbrica.

La figura 2 ilustra esquemáticamente un primer haz de dirección, orientado en una primera dirección obtenida mediante formación de haz en el entorno del UE, e ilustra, además, un segundo haz de dirección, orientado en la segunda dirección obtenida mediante formación de haz en el entorno del UE, de acuerdo con diversas realizaciones.

La figura 3 es un diagrama polar de la frecuencia de ocurrencia de transmisión del UE en direcciones obtenidas mediante formación de haz, de acuerdo con diversas realizaciones, en el que el primer haz de dirección y el segundo haz de dirección están resaltados.

La figura 4 es un diagrama polar de la frecuencia de ocurrencia de transmisión del UE en las direcciones obtenidas mediante formación de haz, de acuerdo con diversas realizaciones.

La figura 5 es un diagrama polar de la frecuencia de ocurrencia de transmisión del UE en direcciones obtenidas mediante formación de haz, de acuerdo con diversas realizaciones, en la que se ilustra, además, una secuencia temporal de transmisión en las direcciones obtenidas mediante formación de haz.

La figura 6 es un diagrama polar de la frecuencia de ocurrencia de transmisión del UE en direcciones obtenidas mediante formación de haz, de acuerdo con diversas realizaciones, en la que se ilustra, además, una secuencia temporal de transmisión en las direcciones obtenidas mediante formación de haz.

La figura 7 ilustra esquemáticamente una adaptación dinámica de un sector de transmisión preferido a medida que el UE se mueve por el entorno.

La figura 8 es un diagrama de flujo de un método, de acuerdo con diversas realizaciones.

La figura 9 es un diagrama de flujo de un método, de acuerdo con diversas realizaciones.

La figura 10 es un diagrama de flujo de un método, de acuerdo con diversas realizaciones, en la que los aspectos de una exploración del entorno del UE empleando la priorización de direcciones obtenidas mediante formación de haz se ilustran con mayor detalle.

La figura 11 ilustra una frecuencia de ocurrencia de direcciones obtenidas mediante formación de haz que producen un sector preferido comparablemente ancho.

La figura 12 ilustra una frecuencia de ocurrencia de direcciones obtenidas mediante formación de haz que producen un sector preferido comparablemente estrecho.

La figura 13 es un diagrama de señalización, de acuerdo con diversas realizaciones.

La figura 14 ilustra esquemáticamente un UE, de acuerdo con diversas realizaciones.

La figura 15 ilustra esquemáticamente un nodo de acceso, de acuerdo con diversas realizaciones.

La figura 16 es un diagrama de flujo de un método, de acuerdo con diversas realizaciones.

La figura 17 es un diagrama de flujo de un método, de acuerdo con diversas realizaciones.

Descripción detallada de las realizaciones

A continuación, las realizaciones de la invención se describirán en detalle haciendo referencia a los dibujos adjuntos. Se debe comprender que la siguiente descripción de realizaciones no debe ser tomada en un sentido limitativo. No se pretende que el alcance de la invención esté limitado por las realizaciones descritas a continuación en el presente documento, o por los dibujos, que se consideran solo ilustrativos.

Los dibujos deben ser considerados representaciones esquemáticas, y los elementos ilustrados en los dibujos no necesariamente están mostrados a escala. Por el contrario, los diversos elementos están representados de tal manera que su función y propósito general resultan evidentes para una persona experta en la técnica. Cualquier conexión o acoplamiento entre bloques funcionales, dispositivos, componentes u otras unidades físicas o funcionales mostradas en los dibujos o descritas en el presente documento puede ser implementada, asimismo, mediante una conexión o acoplamiento indirecto. Asimismo, se puede establecer un acoplamiento entre componentes a través de una conexión inalámbrica. Los bloques funcionales pueden estar implementados en hardware, firmware, software o una combinación de los mismos.

A continuación, en el presente documento, se describen técnicas que permiten implementar de manera eficiente el barrido del haz priorizando la transmisión en una primera dirección obtenida mediante formación de haz de una pluralidad de direcciones obtenidas mediante formación de haz sometidas al barrido de haz sobre la transmisión en una segunda dirección obtenida mediante formación de haz de la pluralidad de direcciones obtenidas mediante formación de haz. Las técnicas de este tipo pueden encontrar una aplicación particular en el descubrimiento de un nodo de acceso de la red inalámbrica por un UE conectado a la red celular.

En los conceptos ilustrados, un dispositivo tal como el UE está configurado para determinar, en base, al menos, a una información espacial del dispositivo, pesos de antena de la pluralidad de direcciones obtenidas mediante formación de haz. Alternativa o adicionalmente, la priorización de la transmisión en la primera dirección obtenida mediante formación de haz sobre la transmisión en la segunda dirección obtenida mediante formación de haz puede depender de la, al menos, una información espacial del dispositivo, por ejemplo, con respecto a un nodo de acceso de la red inalámbrica.

En general, se puede tener en cuenta una amplia gama de clases y tipos de información espacial. Una información espacial particular de interés para las técnicas que se describen a continuación en el presente documento es el movimiento del UE, es decir, una derivada en el tiempo de la posición espacial. El movimiento puede especificar en qué dirección se desplaza el UE. El movimiento puede estar caracterizado por una velocidad. Otro tipo de información espacial de interés es la orientación del UE. En base a la orientación, es posible transformar ciertos parámetros de la priorización, tal como una dirección espacial preferida en un marco o sistema de coordenadas local del UE; esto puede ser parte de dicha determinación de los pesos de la antena. Por lo tanto, la información espacial a veces se puede denominar coordenada espacial, puesto que define las propiedades espaciales del UE.

En general, no es necesario utilizar toda la información espacial disponible para determinar los pesos de la antena y priorizar la transmisión; por ejemplo, en ciertos escenarios, es posible tener en cuenta la orientación del UE mediante la determinación de los pesos de la antena, mientras que una información espacial diferente, tal como el movimiento del UE, puede ser tenida en cuenta adicional o alternativamente a la orientación cuando se prioriza la transmisión.

Las técnicas descritas a continuación en el presente documento pueden estar basadas en información espacial derivada de información del sensor, tal como datos del sensor de un acelerómetro del UE. La red y/o el UE pueden determinar, al menos, una información espacial.

El siguiente ejemplo ilustra cómo se puede utilizar, al menos, una información espacial para priorizar la transmisión en la primera dirección obtenida mediante formación de haz sobre la transmisión en la segunda dirección obtenida mediante formación de haz. Por ejemplo, en un área de despliegue denso, tal como un área urbana, se puede esperar que las llamadas propiedades de línea de visión sean comunes. Por lo tanto, se puede esperar que un UE

tenga interés en descubrir un nodo de acceso, por ejemplo, para un traspaso, en una dirección hacia adelante del movimiento del UE. Esto puede ser particularmente cierto en el escenario en el que el UE se mueve entre edificios altos en corredores, denominados en ocasiones cañones de la ciudad. No obstante, en ocasiones, debido a reflexiones, bloqueos o efectos de propagación comparables, un UE podría tener interés en descubrir un nodo de acceso en otras direcciones distintas de la dirección hacia adelante, por ejemplo, en la dirección hacia atrás.

Por lo tanto, en general, un espacio de búsqueda o sector de exploración cubierto por el barrido del haz puede ser configurado para cubrir todo el entorno del UE. En ocasiones, el sector de exploración puede estar restringido a un cierto ángulo sólido del entorno del UE.

La priorización se puede conseguir mediante la implementación de los pesos de probabilidad que harán más probable que un haz de dirección esté orientado a lo largo de la primera dirección obtenida mediante formación de haz frente a una orientación de un haz de dirección a lo lardo de la segunda dirección obtenida mediante formación de haz; en otras palabras, una frecuencia de ocurrencia de transmisión en la primera dirección obtenida mediante formación de haz puede ser mayor que la frecuencia de ocurrencia en la segunda dirección obtenida mediante formación de haz. Por ejemplo, el grado de una ponderación de este tipo puede depender de la velocidad del movimiento del UE. Por ejemplo, un UE estático o un UE con velocidad del movimiento despreciable puede ser ponderado de la misma manera en todas direcciones, por ejemplo, en el plano horizontal; un UE que se mueva lentamente puede tener alguna preferencia de la ponderación hacia la dirección de movimiento; mientras que un UE que se mueva rápidamente puede tener una preferencia comparablemente fuerte de la ponderación hacia la dirección del movimiento hacia adelante.

En general, las técnicas de este tipo descritas anteriormente y que se describen a continuación en el presente documento pueden ser aplicadas a la formación de haz del emisor y/o del receptor del UE. La formación de haz del emisor es conocida asimismo como formación de haz del transmisor. Por ejemplo, en una aplicación de traspaso, el UE típicamente está escuchando las señales que se recibirán desde un nodo de acceso; esto corresponde a la formación del haz del receptor. Por ejemplo, en una aplicación de descubrimiento de nodo de acceso, el nodo de acceso puede enviar señales que permiten a un UE unirse al nodo de acceso utilizando la formación de haz del emisor.

De este modo, en general, tal como se apreciará a partir de lo anterior, las técnicas pueden ser aplicadas a un dispositivo que está realizando un barrido de haz para descubrir un transceptor de interés, tal como un nodo de acceso. Mediante las técnicas descritas anteriormente y a continuación en el presente documento, se puede facilitar el descubrimiento del nodo de acceso de interés, al menos en promedio, en un tiempo más corto, se puede reducir el consumo de energía y se puede reducir la ocupación de recursos en el espectro. Además, se puede reducir la latencia, es decir, un retardo hasta que se pueda realizar una determinada acción que depende del descubrimiento con éxito del nodo de acceso; por ejemplo, esto puede conducir a un traspaso más rápido.

En la figura 1, se ilustra una red inalámbrica 100 de acuerdo con diversas realizaciones. Por ejemplo, la red inalámbrica 100 podría ser una red celular que funciona de acuerdo con la tecnología de acceso por radio de evolución a largo plazo (LTE – Long Term Evolution, en inglés) del proyecto de asociación de tercera generación (3GPP – Third Generation Partnership Project) o de la tecnología de acceso por radio del sistema de telecomunicaciones móviles universal (UMTS – Universal Mobile Telecommunications System, en inglés) del 3GPP. Asimismo, es posible que la red inalámbrica 100 sea una red Wi-Fi que funciona de acuerdo con la tecnología 802.11 del Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE – Institute of Electrical and Electronics Engineers, en inglés). También se pueden emplear otras tecnologías de radio celular, por ejemplo, una tecnología 5G (tecnología de radio celular de 5ª generación) o PAN (red de área personal – Personal Area Network, en inglés).

El UE 130 está conectado a la red inalámbrica 100. En el escenario de la figura 1, están dispuestos tres nodos de acceso 121, 122, 123 disponibles para la comunicación con el UE 130 a través de la interfaz de radio 190 de la red inalámbrica 100. En este caso, debido al entorno 195, la transmisión de señales entre el UE 130 y el nodo de acceso 122 puede verse afectada. El nodo de acceso 123 es implementado por otro UE móvil que proporciona una funcionalidad de retransmisión; es decir, el nodo de acceso 123 de retransmisión reenvía de manera inalámbrica los datos recibidos del UE 130 enviándolos al nodo de acceso 120, y reenviando de manera inalámbrica los datos recibidos del nodo de acceso 122 enviándolos al UE 130.

A continuación, se considera un escenario en el que el UE 130 está conectado a la red inalámbrica 100 a través del nodo de acceso 121; es decir, los datos son enviados y/o recibidos a través de la interfaz de radio 190 entre el UE 130 y el nodo de acceso 121. A medida que el UE se mueve, puede realizar una búsqueda para descubrir uno de los nodos de acceso 122, 123 adicionales (descubrimiento de nodo de acceso). Para ello, el UE puede llevar a cabo un barrido de haz, es decir, enviar y/o recibir de manera secuencial (ejecutar una transmisión) en una pluralidad de direcciones obtenidas mediante formación de haz. El descubrimiento de nodos de acceso puede comprender que, al menos, uno de los UE 130 envíe y reciba en la interfaz de radio 190.

Esto se ilustra en la figura 2. En la figura 2, el UE 130 realiza un barrido de haz para explorar un espacio de búsqueda 250 que, en el escenario de la figura 2, cubre todo el entorno del UE 130. A modo de ejemplo, se ilustra un primer haz de dirección 261 que define una primera dirección 251 obtenida mediante formación de haz; además,

un segundo haz de dirección 262 que define una segunda dirección 252 obtenida mediante formación de haz se ilustra a modo de ejemplo. Por ejemplo, la primera dirección 251 obtenida mediante formación de haz puede estar orientada a lo largo de un eje central del primer haz de dirección 261.

En general, la forma y el formato de un haz de dirección 261, 262 empleado para el barrido del haz pueden variar; por ejemplo, un ángulo de apertura, una simetría u otras propiedades geométricas del haz de dirección 261, 262 pueden ser variadas de acuerdo con diversas realizaciones, configurando de manera apropiada los pesos de antena correspondientes. Los pesos de antena pueden definir una magnitud y/o fase de la señal enviada y/o recibida en cada antena individual del conjunto de antenas. Por ejemplo, pesando una señal de manera adecuada, se puede conseguir una interferencia constructiva (interferencia destructiva) para las señales enviadas y/o recibidas en un ángulo dentro (fuera) de un haz de dirección correspondiente. Típicamente, los haces de dirección 251, 252 pueden estar definidos en un marco de referencia global; por lo tanto, puede ser necesario tener en cuenta la orientación del UE cuando se determinan los pesos de la antena, para orientar de manera adecuada los haces de dirección 261, 262 en un marco local del UE 130. En este caso, se puede implementar una transformación coordinada entre el marco local y el marco de referencia global.

Tal como se puede ver en la figura 2, el UE 130 tiene una cierta orientación 231 con respecto al nodo de acceso 122 a descubrir. Además, el nodo de acceso 122 envía y/o recibe empleando un haz de dirección 281 orientado a lo largo de una dirección 271 obtenida mediante formación de haz. Para que el UE 130 descubra con éxito el nodo de acceso 122, la transmisión del UE 130 para recibir datos debe estar orientada a lo largo de la primera dirección 251 obtenida mediante formación de haz, que es complementaria de la dirección 271 obtenida mediante formación de haz del nodo de acceso 122. Para conseguir esto, la transmisión en la primera dirección 251 obtenida mediante formación de haz puede ser priorizada sobre la transmisión en la segunda dirección 252 obtenida mediante formación de haz que no es complementaria de la dirección 271 obtenida mediante formación de haz del nodo de acceso 122. A continuación, en el presente documento, se describen con mayor detalle técnicas que permiten implementar de manera efectiva una priorización de este tipo de la transmisión cuando se realiza el barrido del haz (indicado en la figura 2 por las flechas asociadas con el primer haz de dirección 261 y el segundo haz de dirección 262). La priorización puede ocurrir en el curso de un patrón temporal empleado para explorar las direcciones 251, 252 obtenidas mediante formación de haz en el espacio de búsqueda 250 cuando se realiza el barrido del haz.

En general, una priorización de este tipo de la transmisión cuando se realiza un barrido de haz puede emplear, al menos, uno de los dos enfoques de exploración siguientes, para cubrir el espacio de búsqueda.

ENFOQUE DE EXPLORACIÓN 1: exploración secuencial. En este caso, la totalidad de la pluralidad de las direcciones obtenidas mediante formación de haz en el espacio de búsqueda 250 son exploradas en secuencia; por lo tanto, el patrón temporal puede estar bien definido desde el comienzo del proceso de exploración, mediante una secuencia de tiempo. Por ejemplo, la exploración puede comenzar con la primera dirección 251 obtenida mediante formación de haz que se supone que está asociada con la priorización más alta. A continuación, comenzando con esas direcciones obtenidas mediante formación de haz que tienen la segunda priorización más alta, es posible implementar una secuencia temporal de exploración de alta a baja priorización. En un escenario de este tipo, se puede suponer que cada dirección obtenida mediante formación de haz en el espacio de búsqueda 250 se explora de la misma manera muchas veces, por ejemplo, una sola vez por iteración de tiempo de la secuencia temporal. De este modo, un escenario de este tipo, de acuerdo con el ENFOQUE DE EXPLORACIÓN 1 puede ser considerado como una clasificación de las direcciones 251, 252 obtenidas mediante formación de haz en la secuencia temporal de acuerdo con la priorización y la exploración de la secuencia temporal comenzando desde la máxima prioridad.

ENFOQUE DE EXPLORACIÓN 2: exploración no secuencial. En este caso, las direcciones obtenidas mediante formación de haz que tienen mayor prioridad son exploradas más a menudo, en promedio, que las direcciones obtenidas mediante formación de haz que tienen una menor priorización. Es posible que no sea necesaria una secuencia de tiempo estricta; el patrón temporal puede ser determinado desde cada etapa de exploración hasta la siguiente o, por ejemplo, para algunas etapas de exploración posteriores. En general, se pueden idear diversas técnicas para implementar una exploración no secuencial. Una técnica es seleccionar la siguiente dirección obtenida mediante formación de haz que es explorada de manera independiente de cualquier dirección obtenida mediante formación de haz explorada previamente considerando los pesos de probabilidad asociados con cada dirección obtenida mediante formación de haz. Por ello, se puede conseguir un patrón temporal aleatorio de transmisión en la pluralidad de direcciones 251, 252 obtenidas mediante formación de haz en el espacio de búsqueda 250 en el que la frecuencia de ocurrencia de transmisión en cada una de la pluralidad de direcciones 251, 252 obtenidas mediante formación de haz es ajustada mediante un proceso de selección que tiene en cuenta una posibilidad o espera de probabilidad para cada una de la pluralidad de direcciones 251, 252 obtenida mediante formación de haz.

El ENFOQUE DE EXPLORACIÓN 1 y el ENFOQUE DE EXPLORACIÓN 2 se pueden combinar. Una técnica de este tipo puede considerar, asimismo, un historial de la exploración, por ejemplo, implementando un tiempo mínimo de nueva exploración de una dirección 251, 252 obtenida mediante formación de haz. También sería posible garantizar por algún medio que las direcciones 251, 252 obtenidas mediante formación de haz son escaneadas de vez en cuando. En ese sentido, un patrón temporal de transmisión en la pluralidad de direcciones 251, 252 obtenidas mediante formación de haz puede ser parcialmente aleatorio. En las técnicas combinadas de este tipo, en general, se puede tener en cuenta, por lo tanto, una variación predefinida entre vecinos en la secuencia temporal; la variación

predefinida puede estar relacionada con una diferencia mínima en la orientación de las direcciones obtenidas mediante formación de haz, vecinas; se pueden considerar los vecinos siguientes o los segundos vecinos siguientes, etc.

Las figuras 3 a 6 son diagramas polares que ilustran una frecuencia de ocurrencia 300 de diferentes direcciones obtenidas mediante formación de haz en el espacio de búsqueda 250; las figuras 3 a 6 corresponden a una sección transversal bidimensional a través del espacio de búsqueda 250 tridimensional, por ejemplo, en el plano horizontal. En las figuras 3 a 6, los pesos de probabilidad se pueden establecer de acuerdo con la frecuencia de ocurrencia 300; una frecuencia de ocurrencia 300 más alta (más baja) puede estar asociada con pesos de probabilidad más altos (más bajos). En aras de la sencillez, las unidades de la frecuencia de ocurrencia 300 en las figuras 3 a 6 están normalizadas a la unidad.

En el escenario de la figura 3, el espacio de búsqueda 250 cubre 360° alrededor del UE 130, es decir, cubre todo el entorno del UE 130. A modo de ejemplo, en la figura 3, se ilustra el primer haz de dirección 261 correspondiente a la primera dirección 251 obtenida mediante formación de haz; asimismo, en la figura 3, se ilustra el segundo haz de dirección 262 de la segunda dirección 252 obtenida mediante formación de haz. Tal como se puede ver en la figura 3, la primera dirección 251 obtenida mediante formación de haz tiene la frecuencia de ocurrencia 300 más alta de todas las direcciones con forma de haz en el espacio de búsqueda 250; en particular, una frecuencia de ocurrencia 300 de la segunda dirección 252 obtenida mediante formación de haz solo equivale a aproximadamente 0,4 de la frecuencia de ocurrencia 300 de la primera dirección 251 obtenida mediante formación de haz. Por ello, en promedio, se puede suponer que la primera dirección 251 obtenida mediante formación de haz se explora con una frecuencia de más del doble durante el barrido del haz que la segunda dirección 252 obtenida mediante formación de haz. Una priorización de este tipo de la primera dirección 251 obtenida mediante formación de haz sobre la segunda dirección 252 obtenida mediante formación de haz se puede conseguir estableciendo el peso de probabilidad correspondiente a la primera dirección 251 obtenida mediante formación de haz para corresponder a una probabilidad mayor de enviar y/o recibir en la primera dirección 251 obtenida mediante formación de haz con respecto al peso de probabilidad de la segunda dirección 252 obtenida mediante formación de haz.

En el escenario de la figura 4, el espacio de búsqueda 250 equivale a solo 180° del entorno del UE 130. Por ejemplo, el espacio de búsqueda 250 podría estar limitado al hemisferio orientado hacia adelante del UE 130 en movimiento. De nuevo, la primera dirección 251 obtenida mediante formación de haz tiene una mayor frecuencia de ocurrencia 300 en comparación con la segunda dirección 252 obtenida mediante formación de haz.

En los escenarios de las figuras 3 y 4, es posible emplear un patrón de transmisión puramente aleatorio en la pluralidad de direcciones 251, 252 obtenidas mediante formación de haz en el espacio de búsqueda 250. Es decir, de cada etapa de exploración a la siguiente, en base a la probabilidad correspondiente, se pueden determinar los pesos de la dirección 251, 252 obtenida mediante formación de haz respectiva. Esto corresponde al ENFOQUE DE EXPLORACIÓN 2, tal como se explicó anteriormente.

Una implementación del ENFOQUE DE EXPLORACIÓN 1 tal como se presentó anteriormente se ilustra en la figura 5. En este caso, se consigue una priorización de la transmisión en la primera dirección 251 obtenida mediante formación de haz sobre la transmisión en la segunda dirección 252 obtenida mediante formación de haz mediante la disposición de la primera dirección 251 obtenida mediante formación de haz antes de la segunda dirección 252 obtenida mediante formación de haz, y una secuencia temporal 500 de transmisión en la pluralidad de direcciones obtenidas mediante formación de haz en el espacio de búsqueda 250. Tal como se puede ver en la figura 5, la frecuencia de ocurrencia 300 es similar para todas las direcciones en el espacio de búsqueda 250. Por lo tanto, una priorización de la primera dirección 251 obtenida mediante formación de haz sobre la segunda dirección 252 obtenida mediante formación de haz no se consigue enviando y/o recibiendo más a menudo en la primera dirección 251 obtenida mediante formación de haz si se compara con la transmisión en la segunda dirección 252 obtenida mediante formación de haz; por el contrario, la priorización se consigue iniciando la exploración en la primera dirección 251 obtenida mediante formación de haz (en la figura 5, se ilustra un orden de secuencia temporal 500 mediante las flechas).

En la figura 6, se ilustra una implementación de una combinación de los ENFOQUES DE EXPLORACIÓN 1 y 2 tal como se ha presentado anteriormente. En el escenario de la figura 6, la secuencia temporal 500 no está estrictamente predefinida antes de explorar el espacio de búsqueda 250. Por el contrario, se aplica una regla, por ejemplo, sobre la marcha, cuando se realiza el barrido del haz, para obtener un patrón temporal de transmisión parcialmente aleatorio en la pluralidad de direcciones 251, 252 obtenidas mediante formación de haz del espacio de búsqueda; en este caso, la regla garantiza una variación predefinida entre los vecinos siguientes en la secuencia temporal 500. En detalle, en el escenario de la figura 6, dicha regla especifica que las direcciones 251, 252 obtenidas mediante formación de haz dispuestas en sectores 601, 602 diferentes del entorno del UE 130 son exploradas de manera alternativa; es decir, las direcciones obtenidas mediante formación de haz del vecino siguiente están dispuestas a una cierta distancia entre sí. En otras palabras, en el escenario de la figura 6, las direcciones obtenidas mediante formación de haz dispuestas a izquierda y derecha del eje vertical podrían ser exploradas de manera alternativa (indicado por las dos flechas de la secuencia temporal 500 en la figura 6). De este modo, aunque no se define a priori una secuencia temporal estricta 500, aún se consigue un cierto grado de ordenación del patrón temporal de la exploración de las direcciones 251, 252 obtenidas mediante formación de haz

en el espacio de búsqueda 250 construyendo la secuencia temporal 500 mientras se realiza la exploración con alguna contribución aleatoria y algunos ordenamientos.

En general, se podrían considerar diferentes variaciones predefinidas entre vecinos en la secuencia temporal 500. Por ejemplo, se podrían implementar ciertas variaciones predefinidas entre vecinos próximos, segundos vecinos próximos, etc. Por ejemplo, una cierta variación predefinida puede necesitar que una dirección determinada obtenida mediante formación de haz no vuelva a ser explorada durante un cierto tiempo de espera y/o para un cierto número de iteraciones de exploración de direcciones adicionales obtenidas mediante formación de haz; dicho escenario se puede denominar profundidad tabú.

En las figuras 3 a 6, la primera dirección 251 obtenida mediante formación de haz que tiene la máxima prioridad se ha ilustrado para estar dispuesta a lo largo del eje vertical superior; por ejemplo, una dirección de movimiento del UE 130 también podría estar dispuesta a lo largo del eje vertical superior. En general, para determinar de manera adecuada los pesos de antena de la pluralidad de direcciones obtenidas mediante formación de haz, puede ser necesario determinar con precisión la orientación 231 del UE 130. A continuación, una vez que la orientación del UE 130 con respecto a las distintas direcciones 251, 252, obtenidas mediante formación de haz es conocida, se pueden determinar los pesos de antena correspondientes. Las técnicas de este tipo pueden permitir una adaptación dinámica de la formación de haz, incluso si el usuario maneja el UE 130 que, por lo tanto, típicamente cambia su posición y orientación en el transcurso del tiempo.

Tal como se puede ver a partir de las figuras 3 a 6, una priorización de las diversas direcciones obtenidas mediante formación de haz en el espacio de búsqueda 250 disminuye desde la primera dirección 251 obtenida mediante formación de haz hasta la segunda dirección 252 obtenida mediante formación de haz. Para simplificar la ilustración, en las figuras 3 a 6 se ilustra un denominado sector preferido 310 (mediante la línea de punto-punto-raya); el sector preferido 310, en los escenarios de ejemplo de las figuras 3 a 6, incluye las direcciones obtenidas mediante formación de haz del sector de exploración 250 que tienen las prioridades más altas del 20 %. En general, el sector preferido 310 puede corresponder a un sector del entorno del UE 130 en el que las direcciones obtenidas mediante formación de haz correspondientes tienen una priorización comparablemente alta.

Anteriormente, se han explicado aspectos de la formación de haz dinámica en la que, dependiendo de una orientación del UE 130, los pesos de antena son adaptados para implementar de manera eficiente un barrido de haz en el sector de exploración 250, incluso cuando el UE 130 se mueve y cambia su orientación; por ejemplo, una adaptación dinámica de este tipo de los pesos de la antena puede ocurrir mientras el patrón temporal de la exploración permanece fijo. No obstante, además, también es posible adaptar dinámicamente el patrón temporal de la exploración; por ejemplo, aunque sería factible comenzar la exploración con un sector de exploración 250 isótropo (véase la figura 3), puede ser conveniente reducir el sector de exploración 250 en el transcurso de la exploración, donde puede haber información disponible adicional, lo que aumenta el nivel de confianza de que el nodo de acceso 121 - 123 sea descubierto en una determinada dirección (véanse las figuras 4 a 6). En otro escenario, la dependencia cuantitativa de la frecuencia de ocurrencia 300 puede ser ajustada en el transcurso del tiempo. En otro escenario, la orientación del sector preferido 310 puede ser ajustada de manera dinámica en el transcurso del tiempo.

Un escenario de este tipo para ajustar el sector preferido 310 en el transcurso del tiempo a medida que el UE 130 se mueve se explica a continuación con respecto a la figura 7. La figura 7 ilustra un escenario en el que el UE 130 se mueve a lo largo del corredor definido por el entorno 195. Por ejemplo, el corredor puede estar definido por edificios altos en una ciudad. “A” indica una posición del UE 130 en la que el UE 130 está unido al primer nodo de acceso 121 (nodo de acceso de servicio) a través de la interfaz de radio 190; dependiendo de una información espacial 195, 231, 741, 742 del UE 130, el sector preferido 310 (ilustrado en la figura 7 por la línea de punto-punto-raya) es ajustado / determinado.

En general, el patrón temporal de la priorización y, por lo tanto, el sector preferido 310 puede ser determinado por el UE 130 y/o un nodo de red de la red inalámbrica 100, por ejemplo, por el nodo de acceso 121 de servicio. Por ejemplo, el nodo de red puede determinar una dirección espacial preferida que, por ejemplo, de manera inequívoca o con cierta ambigüedad, define el sector preferido 310. Otros parámetros necesarios para definir el sector preferido 310 pueden ser un ángulo de apertura, otras propiedades geométricas, una regla que define la secuencia temporal 500, y/o la frecuencia de ocurrencia 300.

Por ejemplo, el sector preferido 310 puede estar centrado alrededor de una dirección espacial preferida; por sencillez, por lo tanto, a continuación, en el presente documento, el sector preferido 310 y la dirección espacial preferida se denotan con el número de referencia 310. La dirección espacial preferida 310 puede ser una dirección en la que se espera con una alta probabilidad que se pueda descubrir el nodo de acceso. De esta manera, la red inalámbrica 100 puede señalar la dirección espacial preferida 310 al UE 130 que, a continuación, en base a la dirección espacial preferida 310, puede determinar el patrón temporal de exploración y, por lo tanto, el sector preferido 310 (véanse las figuras 3 a 6); asimismo, es posible que la red inalámbrica 100 señale el patrón temporal completo y, por lo tanto, el sector preferido 310, también en un escenario de este tipo la señalización, es indicativo de la dirección espacial preferida 310, al menos implícitamente, a través de la priorización de las direcciones obtenidas mediante formación de haz correspondientes. Por lo tanto, la dirección espacial preferida 310 se puede

considerar como un parámetro indicativo del patrón temporal; puede incluir o no toda la información necesaria para construir el patrón temporal de priorización.

Tal como se mencionó anteriormente, dependiendo de la distribución de la lógica, el UE 130 puede determinar la dirección espacial preferida 310 por sí mismo, o puede recibir un mensaje de control de la red inalámbrica 100 que indica, de manera explícita o implícita, la dirección espacial preferida 310. En base a la dirección espacial preferida 310, el UE 130 puede determinar la secuencia temporal 500 de transmisión en la pluralidad de direcciones 251, 252 obtenidas mediante formación de haz y/o la frecuencia de ocurrencia 300 de transmisión en cada una de la pluralidad de direcciones 251, 252 obtenidas mediante formación de haz; por ello, el UE 130 puede determinar el patrón temporal proporcionando la priorización. En un escenario simple, también es posible que la red inalámbrica 100 predetermine la secuencia temporal 500 y/o la frecuencia de ocurrencia 300. Asimismo, los datos de este tipo se pueden indicar en el mensaje de control.

Tal como se puede ver a partir de lo anterior, una distribución de la lógica para controlar el barrido del haz puede residir parcial o totalmente en el UE 130; al menos, partes de la lógica para controlar el barrido del haz también pueden residir en la red inalámbrica 100.

En general, se pueden tener en cuenta diversas clases y tipos de información espacial 195, 231, 741, 742 del UE 130 cuando se prioriza la transmisión en las direcciones 251, 252 obtenidas mediante formación de haz, es decir, cuando se determina la dirección espacial preferida 310 y/o el patrón temporal. Por ejemplo, se puede tener en cuenta una posición relativa 741 del UE 130 con respecto a uno de los nodos de acceso 121 - 123. en cuenta; alternativa o adicionalmente, se puede tener en cuenta un movimiento relativo 742 (indicado en la figura 7 mediante la línea discontinua) del UE 130 con respecto a uno de los nodos de acceso 121 - 123; alternativa o adicionalmente, también es posible tener en cuenta la orientación 231 (indicada en la figura 7 mediante las flechas rellenas) del UE 130 con respecto a uno de los nodos de acceso 121 - 123 en esta etapa. Además, tal como se explicó anteriormente con respecto a la figura 7, la información espacial también puede indicar el entorno 195 del UE 130; por ejemplo, la información espacial puede indicar una topología del entorno 195. Desde el entorno 195, se puede predecir la ruta de señal de la señal enviada y/o recibida entre uno de los nodos de acceso 121 - 123 y el UE 130. Resulta posible tener en cuenta las reflexiones, la transmisión de trayectos múltiples, etc.

La lógica para determinar la información espacial 195, 231, 741, 742 del UE 130 puede residir total o parcialmente en el UE 130, y/o puede residir total o parcialmente en la red inalámbrica 100. Por ejemplo, puede ser posible que los datos del sensor del UE 130 se empleen para determinar, al menos, partes de la información espacial 195, 231, 741, 742. Asimismo, es posible que las propiedades de la interfaz de radio 190 sean medidas y evaluadas por la lógica que reside en la red inalámbrica 100; a partir de esto, puede ser posible determinar, al menos, partes de la información espacial 195, 231, 741, 742 del UE 130. A continuación, es posible que se envíe un mensaje de control desde la red 100 y que sea recibido por el UE 130, lo que indica, al menos, partes de la información espacial 195, 231, 741, 742.

A continuación, haciendo referencia de nuevo a la figura 7, en la posición “A”, en base a la información espacial 195, 231, 741, 742, la priorización de la transmisión en las diversas direcciones obtenidas mediante formación de haz se establece de tal manera que se obtiene el sector preferido 310 que apunta en la dirección hacia adelante del movimiento 742 del UE 130 que cubre todos los posibles trayectos de reflexión de las señales enviadas por el nodo de acceso 122 y el nodo de acceso 123. A este respecto, se observa que la ilustración de la figura 7 es una proyección en dos dimensiones y que, tal como se explicó anteriormente, el sector preferido 310 puede definir un ángulo sólido tridimensional en el entorno del UE 130.

Algún tiempo después, el UE 130 ha alcanzado la posición “B”. En la posición “B”, el UE 130 se ha movido hacia la intersección de tres vías del corredor (ilustrado en el centro de la figura 7). Debido a esto, el patrón temporal de la priorización de las diversas direcciones obtenidas mediante formación de haz se adapta de tal manera que el sector preferido 310 se expande o ensancha; esto se hace para tener en cuenta todos los ángulos posibles de recepción de la señalización de traspaso enviada por el nodo de acceso 122 y el nodo de acceso 123.

Ya en la posición “B”, el UE 130 cambia su orientación 231 para que mire hacia la dirección en la que el acceso el nodo 123 está ubicado. Debido a esto, se puede preferir un traspaso desde el nodo de acceso 121 al nodo de acceso 123 sobre un traspaso desde el nodo de acceso 121 al nodo de acceso 122, puesto que es más probable que el UE 130 continúe moviéndose hacia el nodo de acceso 123. Debido a esto, en la posición “C”, en la que se confirma, en base al movimiento 742 del UE 130, que el UE 130 se mueve hacia el nodo de acceso 123, el sector preferido 310 se estrecha, para cubrir de manera selectiva todos los ángulos posibles de recepción de la señalización de control del traspaso enviada por el nodo de acceso 123.

Se observa que, en la ilustración anterior, el sector preferido 310 se ha determinado en base a la suposición de que la reflexión de la señalización de control del traspaso recibida por el UE 130 desde una dirección hacia atrás del movimiento 742 es menos probable si se compara con la recepción de la señalización de control del traspaso en ángulos centrados alrededor de la dirección de avance del movimiento 742. Cuando sea necesario, también sería posible establecer de manera apropiada la priorización de las transmisiones obtenidas mediante formación de haz

en el sector de exploración 250, de tal manera que se definan dos o más, por ejemplo, sectores preferidos 310 sin solapamiento.

Tal como se mencionó anteriormente, una distribución de una lógica para determinar la priorización de la pluralidad de direcciones obtenidas mediante formación de haz puede ser desplazada de manera flexible entre el UE 130 y la red 100. En la figura 8, se ilustra un diagrama de flujo de un método de acuerdo con diversas realizaciones, en el que el UE 130 ejecuta la priorización de la pluralidad de direcciones 251, 252 obtenidas mediante formación de haz. En el escenario figura 8, la priorización de las direcciones obtenidas mediante formación de haz del receptor se emplea para la búsqueda de información relevante del traspaso.

En 801, el procedimiento es activado por un mensaje de control recibido de la red 100. Este mensaje de control no necesita indicar, por ejemplo, la dirección espacial preferida 310 u otros parámetros que permiten al UE 130 determinar el patrón temporal que proporciona la priorización.

En otro escenario, el procedimiento puede ser provocado por un fallo del enlace, es decir, por que el UE 130 no recibe un mensaje de control explícito de la red 100, sino que descubre que el enlace actual está degradado o perdido; por lo tanto, sería necesario o preferible un traspaso a otro nodo de acceso 122, 123.

En 802, el UE 130 determina la información espacial 195, 231, 741, 742. La información espacial incluye la posición 741 del UE 130, la orientación 231 del UE 130, la dirección del movimiento 742 del UE 130, etc. En general, se pueden considerar varios escenarios para determinar, al menos, partes de la información espacial 195, 231, 741, 742. Por ejemplo, el UE 130 puede recopilar datos y/o llevar a cabo las mediciones necesarias en base a sensores internos; por ejemplo, se podría utilizar un giroscopio para determinar la orientación 231; por ejemplo, se podría utilizar un sensor del sistema de posicionamiento global (GPS - Global Positioning System, en inglés) para determinar la posición 741. Alternativa o adicionalmente, el UE 130 podría enviar un mensaje de control respectivo (solicitud de información espacial 10) a la red 100, lo que hace que la red celular 100 proporcione, al menos, partes de la información espacial. A continuación, el UE 130 podría recibir un mensaje de control respectivo (respuesta de información espacial) que incluye, al menos, partes de la información espacial. En 802, se pueden emplear técnicas de fusión de sensores; por ejemplo, la información espacial 195, 231, 741, 742 de diversas fuentes se puede recopilar y combinar para conseguir una mejor estimación; en este caso, se pueden implementar técnicas de combinación de medidas de acuerdo con diversas implementaciones de referencia para reducir las incertidumbres en las estimaciones.

En 803, se ejecuta la priorización de las diferentes direcciones obtenidas mediante formación de haz. Por ejemplo, la priorización de las diferentes direcciones obtenidas mediante formación de haz se puede conseguir estableciendo de manera adecuada la frecuencia de ocurrencia 300 y/o estableciendo de manera adecuada la secuencia temporal 500. Por ejemplo, en 803, se pueden establecer pesos de probabilidad relativa para las diferentes direcciones 251, 252 obtenidas mediante formación de haz. No es necesario establecer a priori la secuencia temporal específica 500 en 803, es decir, antes de que se ejecute el barrido del haz.

En 804, se determina la orientación 231 del UE 130, si no lo ha hecho ya, por ejemplo, como parte de 802. A continuación, la orientación 231 se utiliza para encontrar la dirección ascendente y la rotación del UE 130 con respecto, por ejemplo, al nodo de acceso 121 de servicio. De manera más general, en 804, se puede encontrar un marco de referencia válido en el que pueden estar especificadas diferentes direcciones tales como la dirección espacial preferida 310, el sector de exploración 250, el sector preferido 310 y las diversas direcciones 251, 252 obtenidas mediante formación de haz. Por ejemplo, un vector de movimiento o vector de velocidad puede ser expresado en el marco de referencia determinado. Dicha información se puede utilizar para orientar y disponer de manera absoluta las direcciones 251, 252 obtenidas mediante formación de haz priorizadas de manera diferente, es decir, el sector preferido 310.

Cuando sea necesario, también es posible que la información actualizada sobre la orientación 231 del UE 130 sea utilizada para transformar tales propiedades de priorización tal como se mencionó anteriormente en el sistema de coordenadas local del UE 130. En el sistema de coordenadas local, puede ser posible determinar los pesos de las antenas de las diferentes antenas del conjunto de antenas del UE 130 en 804.

En 805, el sector de exploración 250 es explorado enviando y/o recibiendo en una pluralidad de direcciones obtenidas mediante formación de haz 251, 252. Por ejemplo, en el escenario de traspaso, el UE puede recibir señalización de control de traspaso que puede ser enviada en una transmisión de difusión mediante el nodo de acceso 122, 123 correspondiente. En general, es posible que la exploración de la pluralidad de direcciones 251, 252 obtenidas mediante formación de haz sea ejecutada en serie o, al menos parcialmente, en paralelo; es decir, es posible que la transmisión se produzca al menos en paralelo en diferentes direcciones 251, 252 obtenidas mediante formación de haz.

En 806, se verifica si la información de control del traspaso ha sido recibida con éxito en 805. Si la información de control del traspaso ha sido recibida con éxito, el UE 130 puede realizar actuaciones preparatorias para inicializar el traspaso en 807; tales actuaciones pueden estar de acuerdo con diversas implementaciones de referencia. No

obstante, si no se ha recibido la señalización de control del traspaso, se puede ejecutar 801 de nuevo, es decir, el UE 130 puede esperar una nueva activación de la red inalámbrica 100 para reinicializar el procedimiento.

En general, es posible que durante el barrido del haz en 805 los pesos de la antena sean ajustados de acuerdo con 804, por ejemplo, si cambia la orientación del UE 130.

En la figura 9, se ilustra un diagrama de flujo de un método de acuerdo con diversas realizaciones, en el que, al menos, algunos de los parámetros para la priorización de la transmisión en la pluralidad de direcciones obtenidas mediante formación de haz en el espacio de búsqueda 250 son determinados por la red 100. Por ejemplo, el nodo de acceso de servicio 121 puede ser configurado para determinar parámetros de priorización que dependen de una información espacial 195, 231, 741, 742 del UE 130; alternativa o adicionalmente, un nodo de red diferente, por ejemplo, un nodo de red ubicado en la red central de la red inalámbrica 100 que es una red celular puede ejecutar las tareas correspondientes. A continuación, la información correspondiente puede ser enviada como un mensaje de control al UE 130. En un escenario simple, la dirección espacial preferida 310 es indicada de manera explícita al UE 130; a continuación, el UE 130 puede construir el patrón temporal sobre la misma, por ejemplo, estableciendo de manera apropiada la secuencia temporal 500 y/o la frecuencia de ocurrencia 300. También es posible que la dirección espacial preferida 310 sea indicada de manera implícita al UE 130, por ejemplo, indicando la secuencia temporal 500 y/o la frecuencia de ocurrencia 300 directamente.

Si la red inalámbrica 100 determina la dirección espacial preferida 310, en general, se pueden utilizar diferentes formatos para indicar la dirección espacial preferida. En una realización simple, la dirección espacial preferida 310 puede ser especificada mediante un vector; el vector puede ser definido en diferentes sistemas de coordenadas, por ejemplo, en ángulos de acimut y de elevación; se puede utilizar un marco global que sea independiente de la orientación 231 del UE 130. Cuando la dirección espacial preferida 310 es determinada por medio del sector preferido 310, puede ser posible especificar el ángulo de apertura del sector preferido 310. Por lo tanto, en diversas realizaciones se puede especificar un total de 3 números flotantes por cada dirección espacial preferida 310. Para un número mayor de direcciones espaciales preferidas 310, se puede proporcionar un número mayor de valores correspondientes. Es posible emplear implementaciones de referencia de técnicas de compresión para reducir aún más la sobrecarga de señalización entre la red inalámbrica 100 y el UE 130; esto puede ser particularmente cierto para un escenario en el que la lógica para determinar la priorización reside, al menos en parte, en la red inalámbrica 100.

Es posible que la red inalámbrica 100 indique la dirección espacial preferida 310, de manera implícita o explícita, en un marco de referencia global; la transformación en el marco local del UE 130 puede ser necesaria en base a la orientación del UE 130.

Por ejemplo, es posible que la determinación de los parámetros de priorización dependa de la ubicación y de la experiencia previa de los UE atendidos en la ubicación del UE 130. En ese sentido, se pueden implementar técnicas de autoaprendizaje para determinar con precisión la priorización. Se pueden tener en cuenta los eventos de traspaso anteriores. A continuación, puede ser posible determinar la dirección espacial preferida 310, de tal manera que aumente la probabilidad de un traspaso con éxito.

De nuevo, se pueden emplear diversas informaciones espaciales 195, 231, 741, 742, tales como la posición 741, el movimiento 742 y el entorno 195. En base a dicha información espacial 195, 231, 741, 742, se puede determinar la secuencia temporal 500 y/o la frecuencia de ocurrencia 300; alternativa o adicionalmente, la red inalámbrica 100 solo puede determinar una dirección preferida, enviar un mensaje de control correspondiente que indique dichos parámetros al UE 130 para que el UE pueda determinar la secuencia temporal 500 y/o la frecuencia de ocurrencia 300. En cualquier caso, el UE 130 puede transformar dichos parámetros de un marco de referencia global en un marco local en base a su orientación 231. Los detalles de tales técnicas se explican a continuación haciendo referencia a la figura 9; en este caso, en aras de la sencillez, y solo con fines ilustrativos, se supone que la funcionalidad correspondiente se implementa mediante el nodo de acceso 121 que atiende al UE 130.

En 901, el nodo de acceso 121 determina la información espacial 195, 231, 741, 742 del UE 130. Por ejemplo, el nodo de acceso 121 podría determinar la información espacial 195, 231, 741, 742 en base a mediciones de posicionamiento de red; por ejemplo, el movimiento 742 puede ser determinado como una derivada en el tiempo de la posición 741. Alternativa o adicionalmente, el nodo de acceso 121 puede recibir, asimismo, un informe de estado del UE 130 que indica, al menos parcialmente, la información espacial 195, 231, 741, 742.

En 902, el nodo de acceso 121 determina la dirección espacial preferida 310 dependiendo de la información espacial del UE 130. Además, es posible que, en 902, el nodo de acceso 121 también determine la priorización específica de las diversas direcciones 251, 252 obtenidas mediante formación de haz; por ejemplo, es posible que el nodo de acceso 121 determine la frecuencia de ocurrencia 300 y/o la secuencia temporal 500.

Por ejemplo, en 902, la posición 741 del UE 130, por ejemplo, expresada en el sistema de coordenadas de referencia, puede ser utilizada junto con un mapa tridimensional disponible localmente del entorno 195 para estimar esas direcciones en el entorno del UE 130 en el que es más probable que se produzca la recepción de información de control de traspaso por parte del UE 130. Esto permite determinar si, por ejemplo, es probable que un muro

reflectante refleje la información de control del traspaso enviada por un nodo de acceso cercano 122, 123, por ejemplo, en una transmisión de difusión. A partir de dicha información, el nodo de acceso 121 construye una o más direcciones espaciales preferidas 310 desde las cuales es más probable que el UE 130 reciba la señalización de control del traspaso.

Adicional o alternativamente, en 902, el nodo de acceso 121 puede considerar información histórica sobre ubicaciones del UE y/o estadísticas sobre el comportamiento de traspaso del UE, como una tasa de éxito de los traspasos para UE en la ubicación actual. Dicha información puede ser relacionada, de este modo, con eventos de traspaso anteriores. En particular, puede ser posible tener en cuenta eventos anteriores de traspaso que ocurrieron en posiciones cercanas a una posición actual del UE 130.

Adicional o alternativamente, en 902, el nodo de acceso 121 puede seleccionar uno o más de los nodos de acceso 122, 123 de traspaso disponibles de los nodos de traspaso candidatos disponibles en base a la probabilidad de que el traspaso a un nodo de acceso dado 122, 123 sea deseado / tenga éxito. Por ejemplo, en base a la orientación 231 y/o al movimiento (trayecto / trayectoria histórica, velocidad y dirección de movimiento actual) 742 del UE 130, se puede predecir dónde se posicionará el UE, en un futuro próximo. Esto puede permitir descartar algunos de los nodos de acceso 122, 123 de traspaso candidatos que son más remotos o inadecuados para la posición estimada del UE 130 en un futuro cercano.

Adicional o alternativamente, en 902, un cono de apertura del sector preferido 310 puede depender de la velocidad del movimiento 742 del UE 130. Por ejemplo, para velocidades más grandes (más pequeñas) del movimiento 742 del UE 130, se puede seleccionar un cono de apertura más pequeño (más grande) del sector preferido 310.

Tal como se apreciará, a partir de una o más de las técnicas explicadas anteriormente, se pueden determinar una o más direcciones espaciales preferidas 310.

A continuación, en 903, un mensaje de control que impulsa al UE 130 a ejecutar de manera sucesiva la transmisión en la pluralidad de direcciones 251, 252 obtenidas mediante formación de haz enviadas por el nodo de acceso 121. El mensaje de control puede indicar la dirección espacial preferida 310; si la priorización de las direcciones 251, 252 obtenidas mediante formación de haz ha sido determinada con mayor detalle en 902, la información respectiva puede ser incluida en el mensaje de control; dicha información puede ser indicativa de manera implícita de la dirección espacial preferida 310.

En 904, por ejemplo, en base a los datos de un sensor interno, el UE 130 determina su orientación 231. Esto permite transformar la información recibida como parte del mensaje de control en 903 en una trama local. Por ejemplo, en 904, el UE 130 puede transformar la dirección espacial preferida 310 en el sistema de coordenadas local dependiendo de su orientación 231. En el sistema de coordenadas local, puede ser posible determinar los pesos de antena de las diferentes antenas del conjunto de antenas del UE 130 en 904.

905 a 907 corresponden a 805 a 807.

En un escenario de este tipo, el nodo de acceso 121 puede considerar la información sobre el entorno 195; en particular, si se compara con un escenario en el que la lógica respectiva de la determinación de la priorización reside en el UE 130, puede que no sea necesario proporcionar datos correspondientemente complejos sobre el entorno 195 en el UE 130. Por lo tanto, puede no ser necesario proporcionar recursos informáticos comparativamente grandes en el UE 130.

Volviendo a la figura 10, la exploración del entorno del UE 130 en 805 y 905 se ilustra con mayor detalle. En general, tal como se mencionó anteriormente, el barrido del haz puede emplear el ENFOQUE DE EXPLORACIÓN 1 y/o el ENFOQUE DE EXPLORACIÓN 2 tal como se explicó anteriormente; es decir, el barrido del haz puede emplear la secuencia temporal 500 y/o la frecuencia variable de ocurrencia 300 implementando pesos de probabilidad.

En 1001, se selecciona una dirección de formación de haz actual que reside en el sector de exploración 250. En este caso, la selección se puede basar en la secuencia temporal 500 y/o en los pesos de probabilidad.

En 1002, el UE 130 envía y/o recibe señales en la dirección actual empleando los respectivos pesos de antena; es decir, en 1002, se emplea un haz de dirección que define las direcciones obtenidas mediante formación de haz actuales.

En 1003, se verifica si la transmisión y/o recepción de señales en 1002 descubrió un nodo de acceso 122, 123 distinto del nodo de acceso 121 de servicio; si este es el caso, el ciclo se cancela y se pueden realizar actuaciones preparatorias para el traspaso. Si este no es el caso, en 1004 se verifica si hay disponible otra dirección obtenida mediante formación de haz a explorar; si este es el caso, se selecciona la dirección obtenida mediante formación de haz adicional a explorar como la dirección obtenida mediante formación de haz actual en 1001.

De lo contrario, es decir, si se ha explorado todo el espacio de búsqueda 250, en 1005 se verifica si se debe ejecutar una iteración adicional de la exploración. Por ejemplo, un parámetro puede especificar cuántas iteraciones se deben ejecutar en 1005. Si es necesaria una iteración adicional, el espacio de búsqueda 250 es explorado de nuevo.

Tal como se mencionó anteriormente, se puede implementar una cierta frecuencia de ocurrencia 300 por medio de ponderaciones de probabilidad. Volviendo a la figura 11, se ilustra una realización en la que los pesos de probabilidad 1100 se representan a modo de ejemplo para un sector preferido 310 comparablemente extenso. La figura 11 ilustra los pesos de probabilidad 1100 para diferentes ángulos discretizados; considerando que los diferentes ángulos están enumerados por los índices (j, k), los pesos de probabilidad 1100 se pueden obtener mediante la siguiente ecuación:

$$w(j,k) = \frac{1}{v\sqrt{(j-J)^2 + (k-K)^2}}, \qquad (1)$$

Donde (J, K) especifica el ángulo en el que se mueve el UE 130, por ejemplo, mediante los ángulos de acimut y de elevación para esta dirección, y v es un factor de velocidad que es uno para un UE 130 estático y que aumenta con la velocidad. Tal como se puede ver en la ecuación 1, en el caso de un UE estático, la frecuencia de ocurrencia 300, respectivamente, los pesos de probabilidad 1100, son iguales para todas las direcciones en el entorno del UE. La figura 11 es un ejemplo de una retícula de ángulos de 5 x 5 en la que se aplica la ecuación 1 con el factor de velocidad v = 2. La figura 12 es el ejemplo correspondiente con v = 4. En este caso, el centro (j, k) = (3, 3) con un peso de probabilidad 1100 = 1,0 es la dirección espacial preferida que está orientada en paralelo a la dirección del movimiento 742 del UE 130. En las figuras 11 y 12, las columnas indican ángulos horizontales con respecto a la dirección preferida; las filas indican un ángulo vertical con respecto a la dirección preferida. Tal como se puede ver a partir de una comparación de las figuras 11 y 12, con un factor de velocidad de 2 (véase la figura 11), la dirección próxima a la dirección preferida 310 es ponderada con el factor de 0,5, es decir, la frecuencia de ocurrencia 300 de la dirección obtenida mediante formación de haz correspondiente es la mitad de grande que la frecuencia de ocurrencia 300 de la dirección obtenida mediante formación de haz que está orientada a lo largo de la dirección preferida 310.

Tal como se mencionó anteriormente, en diferentes escenarios, los pesos de probabilidad 1100 pueden ser empleados de diferentes maneras. En un escenario, la selección de la siguiente dirección obtenida mediante formación de haz se basa en los pesos de probabilidad 1100 mediante un proceso de selección aleatorio en el que la probabilidad de seleccionar una dirección específica obtenida mediante formación de haz es proporcional a su peso de probabilidad 1100. En otro escenario, se introduce una profundidad de M tabú; es decir, una dirección determinada obtenida mediante formación de haz no puede ser seleccionada para la transmisión si se seleccionó previamente y desde entonces no se han seleccionado más direcciones M obtenidas mediante formación de haz; por ejemplo, considérese el siguiente escenario, en el que M = 3: la selección del haz (j, k) = (3, 3), (2, 3), (4, 4), (3, 3) no estaría permitida, porque deben ser al menos transmisores en M = 3 direcciones adicionales obtenidas mediante formación de haz antes de que (j, k) = (3, 3) vuelva a ser seleccionada. Tal como se puede ver, en un escenario de este tipo, el patrón temporal de transmisión en la dirección obtenida mediante formación de haz depende del historial de transmisiones. Dichas técnicas permiten explorar de manera homogénea y rápida todo el espacio de búsqueda 250; se puede facilitar el descubrimiento rápido de los nodos de acceso 122, 123.

En la figura 13, se ilustra un diagrama de señalización de acuerdo con diversas realizaciones. En el escenario de la figura 13, el UE 130 está unido al nodo de acceso 121 de servicio. Se prepara un traspaso desde el nodo de acceso 121 de servicio al nodo de acceso 122. Para esto, el nodo de acceso 122 envía de vez en cuando señales de sincronización A1, A5, A6 en una transmisión de difusión.

En A2, se envía un mensaje de activación desde el nodo de acceso 121 al UE 130. El mensaje de activación solicita al UE 130 que reciba de manera secuencial en la pluralidad de direcciones obtenidas mediante formación de haz para descubrir el nodo de acceso 122.

Dependiendo de la distribución de lógica entre el UE 130 y el nodo de acceso 121, es posible que el mensaje de activación intercambiado entre el nodo de acceso 121 y el UE 130 comprenda más información que la solicitud para iniciar el descubrimiento del nodo de acceso. Por ejemplo, es posible que el mensaje de activación indique, además, la dirección espacial preferida 310. En base a la dirección espacial preferida 310, el UE 130 puede priorizar la transmisión en una primera dirección 251 obtenida mediante formación de haz que coincide con la dirección espacial preferida 310 sobre la transmisión en una segunda dirección 252 obtenida mediante formación de haz. En diversos escenarios es, asimismo, posible que incluso más información con respecto a la priorización de la transmisión en las diversas direcciones obtenidas mediante formación de haz esté incluida en el mensaje de activación. Por ejemplo, es posible que el mensaje de activación incluya además la secuencia temporal 500 y/o la frecuencia de ocurrencia 300 de las diversas direcciones obtenidas mediante formación de haz. Por ejemplo, el mensaje de activación puede incluir alternativa o adicionalmente parámetros tales como: reglas predefinidas para establecer la secuencia temporal 500; pesos de probabilidad 1100; ángulos de apertura del sector preferido 310. La información de este tipo indica, al menos de manera implícita, la dirección espacial preferida 310.

En particular, en un escenario en el que partes significativas de la lógica de decisión para la priorización están situadas en el UE 130, puede ser deseable que el mensaje de activación intercambiado entre el nodo de acceso 121 y el UE 130 incluya una indicación de, al menos, partes de la información espacial 195, 231, 741, 742 del UE 130.

Por ejemplo, a este respecto, el nodo de acceso 121 puede determinar la posición 741 del UE 130 y/o el movimiento 741 del UE 130 desde la funcionalidad de posicionamiento de red que está basada, por ejemplo, en triangulación o similar. Además, el nodo de acceso 121 puede acceder a la base de datos que incluye información acerca del entorno 195 del UE 130. En este caso, una geometría / topología del entorno 195 puede estar almacenada de manera bidimensional o tridimensional.

En A3, el UE 130 determina su orientación 231 y determina, además, los pesos de antena en base a la orientación 231. Los pesos de antena son determinados para una pluralidad de direcciones obtenidas mediante formación de haz de tal manera que la transmisión en la primera dirección 251 obtenida mediante formación de haz sea priorizada sobre la transmisión en la segunda dirección 252 obtenida mediante formación de haz.

A continuación, se inicia la exploración, respectivamente el barrido del haz 1300 de las diversas direcciones obtenidas mediante formación de haz dentro del rango de exploración 250. Se debe comprender que durante el barrido del haz 1300, es posible que el UE 130 continúe enviando datos al nodo de acceso 121 tal como se indica mediante A4. Asimismo, los pesos de la antena se pueden ajustar durante el barrido del haz 1300.

Tal como se puede ver, el nodo de acceso 122 transmite una señal de sincronización durante dicha exploración 1300 en A5. No obstante, en el momento en que el nodo de acceso 120 envía la señal de sincronización A5, el UE 113 recibe en direcciones obtenidas mediante formación de haz diferentes; en consecuencia, la señal de sincronización A5 no es recibida por el UE 130.

No obstante, la señal de sincronización A6 es recibida con éxito por el UE 130; la exploración 1300 se interrumpe y se inician los preparativos para el traspaso. Esto puede incluir enviar una solicitud de traspaso A7 del UE 130 al nodo de acceso 121 de servicio que, a continuación, envía un comando de traspaso al nodo de acceso 122 y al UE 130, A8. A continuación, se ejecuta el traspaso, y los datos A9 son enviados desde el UE 130 y recibidos por el nodo de acceso 122.

En la figura 14, el UE 130 se ilustra con mayor detalle. En general, el UE puede implementar la funcionalidad terminal y/o la funcionalidad de retransmisión.

El UE 130 comprende un procesador 130-1 que está acoplado a una memoria no volátil 130-3 y a una interfaz 130-2. Tal como se puede ver en la figura 14, la interfaz 130-2 comprende cuatro antenas de un conjunto de antenas 130-2a. Un número mayor o menor de antenas del conjunto de antenas 130-2a podrían estar dispuestas. Además, el UE 130 comprende un sensor 130-4 que está configurado para proporcionar datos del sensor indicativos de, al menos, partes de la información espacial 195, 231, 741, 742 del UE 130. Por ejemplo, el sensor 130-4 puede ser un sensor de GPS, un giroscopio, un acelerómetro, una cámara, etc. El UE 130 comprende, además, una interfaz de hombre a máquina (HMI – Human Machine Interface) 130-5. La HMI 130-5 puede comprender un teclado, un ratón, una pantalla táctil, entrada de voz, salida de voz, uno o más pulsadores, pomos, etc.

Por ejemplo, instrucciones de control pueden estar almacenadas en la memoria 130-3, las cuales, cuando son ejecutadas por el procesador 130-1, hacen que el procesador 130-1 ejecute técnicas de determinación de la orientación 231 del UE 130, formación de haz, barrido de haz, determinación de la dirección espacial preferida / el sector preferido 310, priorizando la transmisión en ciertas direcciones obtenidas mediante formación de haz durante el barrido, la determinación de los pesos de antena, la determinación de la secuencia temporal 500, y/o la determinación de la frecuencia de ocurrencia 300, posiblemente en base a pesos de probabilidad, tal como se explicó anteriormente.

Por ejemplo, instrucciones de control pueden estar almacenadas en la memoria 130-3, las cuales, cuando son ejecutadas por el procesador 130-1, hacen que el procesador 130-1 ejecute técnicas de retransmisión. En un escenario de este tipo, es posible que el UE 130 implemente la funcionalidad de retransmisión, es decir, reenvíe datos hacia y desde otros UE desde y hacia uno de los nodos de acceso 121 - 123. En este caso, el UE 130 puede actuar como un servidor de proximidad. De este modo, se puede mejorar el área de cobertura de la red inalámbrica 100.

En la figura 15, se ilustra un nodo de acceso 121 - 123. El nodo de acceso 121 - 123 comprende un procesador 121-1, una interfaz 121-2, una memoria no volátil 121-3 y una HMI 121-5.

Por ejemplo, la interfaz 130-2 del UE 130 (véase la figura 14) puede estar configurado para enviar datos a la interfaz 121-2 del nodo de acceso 121 - 123 en la interfaz de radio 190 de la red inalámbrica 100. Una dirección de transmisión de este tipo hace referencia, típicamente, a la transmisión de enlace ascendente. Además, la interfaz 130-2 del UE 130 puede estar configurada para recibir datos desde la interfaz 121-2 del nodo de acceso 121 - 123 en la interfaz de radio 190 de la red inalámbrica 100. Una dirección de transmisión de este tipo hace referencia, típicamente, a la transmisión de enlace descendente. Asimismo, se puede implementar la comunicación de dispositivo a dispositivo (D2D – Device To Device, en inglés), en la que la interfaz 130-2 está configurada para enviar datos a otro UE, y/o configurada para recibir datos de otro UE.

A continuación, haciendo referencia de nuevo a la figura 15, la memoria 121-3 puede almacenar instrucciones de control que, ejecutadas por el procesador 121-1, hacen que el procesador 121-1 ejecute técnicas para determinar, al

menos, partes de la información espacial 195, 231, 741, 742 del UE 130, determinando la dirección espacial preferida / el sector preferido 310, determinando la priorización de la transmisión durante el barrido del haz por el UE 130, determinando la secuencia temporal 500, y/o determinando la frecuencia de ocurrencia 300, posiblemente en base a pesos de probabilidad, tal como se explicó anteriormente.

Por ejemplo, instrucciones de control pueden estar almacenadas en la memoria 130-3, las cuales, cuando son ejecutadas por el procesador 130-1, hacen que el procesador 130-1 del UE 130 ejecute un método tal como se ilustra en el diagrama de flujo de la figura 16. Opcionalmente, en primer lugar, se determina la orientación 231 del UE 130, por ejemplo, en base a los datos del sensor de un giroscopio (no mostrado en la figura 16). Alternativa o adicionalmente, se recibe información espacial como parte de un mensaje de control de la red 100. A continuación, en 1601, en base a la información espacial, se determinan los pesos de las antenas. Por ejemplo, por cada dirección obtenida mediante formación de haz, se puede determinar un conjunto de pesos de antena para todas las antenas del conjunto de antenas. En este caso, se puede tener en cuenta más información, tal como la dirección espacial preferida 310 que puede ser determinada por el UE 130 y/o recibida de la red inalámbrica 100. En 1602, el conjunto de antenas 130-2a es controlado para enviar y/o recibir de manera secuencial, es decir, ejecutar de manera secuencial la transmisión, en la pluralidad de direcciones obtenidas mediante formación de haz; la transmisión en la primera dirección 251 obtenida mediante formación de haz que puede ser coincidente con la dirección espacial preferida 310 o puede estar situada en la proximidad de la dirección espacial preferida 310, puede tener prioridad sobre la transmisión en otras direcciones obtenidas mediante formación de haz.

La memoria 121-3 del nodo de red 121 - 123 puede almacenar instrucciones de control que, cuando son ejecutadas por el procesador 121-1, hacen que el procesador 121-1 ejecute un método ilustrado por el diagrama de flujo de la figura 17. En 1701, se determina la información espacial 195, 231, 741, 742 del UE 130, por ejemplo, en base a la funcionalidad de la red, incluida la información derivada de las propiedades del enlace de radio 190, por ejemplo, la intensidad de la señal, los cambios de fase, etc. Se pueden emplear técnicas de triangulación. Además, se puede tener en cuenta un informe de estado del UE 130 que indica, al menos, partes de la información espacial 195, 231, 741, 742. A continuación, en 1702, se determina la dirección espacial preferida 310. Por ejemplo, la dirección espacial preferida 310 puede estar orientada desde la ubicación del UE 130 hacia la ubicación de otro nodo de acceso 122, 123 al que se puede desear un traspaso. En 1702, es posible que uno o más nodos de acceso 122, 123 adicionales sean seleccionados de una pluralidad de nodos de acceso candidatos en base a la información espacial 195, 231, 741, 742 determinada. Por ejemplo, se pueden seleccionar tales nodos de acceso 122, 123 adicionales, y es probable que estén cerca de un movimiento estimado del UE 130 en el futuro cercano.

Opcionalmente, en 1702, el nodo de red puede determinar otras propiedades de la priorización de la transmisión en diversas direcciones obtenidas mediante formación de haz, por ejemplo, el espacio de búsqueda 250, una propiedad cualitativa o cuantitativa de la frecuencia de ocurrencia 300 y/o de la secuencia temporal 500, etc. Todas estas propiedades se determinan en base a la dirección espacial preferida 310 y, por lo tanto, son, al menos, indicativas de manera implícita de la dirección espacial preferida 310.

En 1703, se envía un mensaje de control correspondiente al UE 130 que indica implícita o explícitamente la dirección espacial preferida 310.

Tal como se apreciará a partir de lo anterior, se han ilustrado técnicas que permiten llevar a cabo la formación de haz de UE. La formación de haz se puede aplicar al envío y/o la recepción de señales. La formación de haz puede ser optimizada en base a las direcciones en las que se espera una transmisión con éxito. Por ejemplo, tales direcciones preferidas son priorizadas sobre las direcciones. La priorización puede ocurrir en base a una mayor frecuencia de ocurrencia y/o debido a una disposición específica de una secuencia temporal de las diversas direcciones obtenidas mediante formación de haz. Opcionalmente, se tiene en cuenta un rendimiento histórico de la formación de haz del UE cuando se prioriza la transmisión en las diversas direcciones obtenidas mediante formación de haz.

Las técnicas de este tipo permiten conseguir varios efectos: por ejemplo, puede ser posible descubrir rápidamente un nodo de acceso priorizando las direcciones obtenidas mediante formación de haz en las que es probable que el nodo de acceso se encuentre sobre otras direcciones obtenidas mediante formación de haz. Además, ajustando de manera adecuada el espacio de búsqueda, puede ser posible proporcionar una probabilidad de descubrimiento mínima suficiente de un nodo de acceso incluso si el nodo de acceso no está dispuesto en la dirección obtenida mediante formación de haz priorizada. Aún más, la exploración durante el barrido del haz puede ocurrir de una manera estructurada, garantizando de este modo una exploración rápida de todo el espacio de búsqueda.

Las técnicas de este tipo pueden encontrar, en general, diversas aplicaciones, por ejemplo, en los conceptos llamados de múltiple entrada y múltiple salida (MIMO – Multiple-Input Multiple-Output, en inglés).

Aunque la invención se ha mostrado y descrito con respecto a ciertas realizaciones preferidas, a otros expertos en la técnica se les ocurrirán equivalentes y modificaciones con la lectura y la comprensión de la memoria descriptiva. La presente invención incluye todos esos equivalentes y modificaciones y está limitada solo por el alcance de las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un método, que comprende:

– determinar (1602), en base, al menos, a una información espacial (195, 231, 741, 742) de un dispositivo (123, 130) que puede estar conectado a una red inalámbrica (100) a través de una interfaz de radio (190), los pesos de antena de una pluralidad de direcciones (251, 252) obtenidas mediante formación de haz,

– controlar (1603) un conjunto de antenas (130-2a) del dispositivo (123, 130) para ejecutar de manera secuencial la transmisión en la pluralidad de direcciones (251, 252) obtenidas mediante formación de haz y priorizar la transmisión en una primera dirección (251) obtenida mediante formación de haz de la pluralidad de direcciones (251, 252) obtenidas mediante formación de haz sobre la transmisión en una segunda dirección (252) obtenida mediante formación de haz de la pluralidad de direcciones (251, 252) obtenidas mediante formación de haz,

caracterizado por que dicho control del conjunto de antenas (130-2a) se produce durante el descubrimiento del nodo de acceso de un nodo de acceso (121 – 123) de la red inalámbrica (100).

2. El método de la reivindicación 1,

en el que la transmisión en la primera dirección (251) obtenida mediante formación de haz tiene prioridad sobre una transmisión en la segunda dirección (252) obtenida mediante formación de haz mediante, al menos, uno de los ajustes de la secuencia temporal (500) de transmisión en la pluralidad de direcciones (150) obtenidas mediante formación de haz y la selección de una frecuencia de ocurrencia (300) de transmisión en cada una de la pluralidad de direcciones obtenidas mediante formación de haz (251, 252).

3. El método de la reivindicación 2,

en el que la transmisión en la primera dirección (251) obtenida mediante formación de haz tiene prioridad sobre la transmisión en la segunda dirección (252) obtenida mediante formación de haz disponiendo la primera dirección (251) obtenida mediante formación de haz antes de la segunda dirección (252) obtenida mediante formación de haz en la secuencia temporal (500) de transmisión.

4. El método de las reivindicaciones 2 o 3,

en el que la transmisión en la primera dirección (251) obtenida mediante formación de haz tiene prioridad sobre una transmisión en la segunda dirección (252) obtenida mediante formación de haz, estableciendo la frecuencia de ocurrencia (300) de transmisión en cada una de la pluralidad de direcciones (251, 252) obtenidas mediante formación de haz considerando los pesos de probabilidad (1100) respectivos en un patrón de transmisión temporal, al menos parcialmente, aleatorio en la pluralidad de direcciones (251, 252) obtenidas mediante formación de haz.

5. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, que comprende, además:

– recibir un mensaje de control (A2) desde la red inalámbrica (100), indicando el mensaje de control (A2) una dirección espacial preferida (310), en el que la transmisión en la primera dirección (251) obtenida mediante formación de haz está priorizada sobre la transmisión en la segunda dirección (252) obtenida mediante formación de haz, dependiendo de la dirección espacial preferida (310).

6. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5,

en el que el mensaje de control (A2) indica, al menos, una de la secuencia temporal (500) de transmisión en la pluralidad de direcciones (251, 252) obtenidas mediante formación de haz y la frecuencia de ocurrencia (300) de transmisión en cada una de la pluralidad de direcciones (251, 252) obtenidas mediante formación de haz.

7. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6,

en el que la transmisión en la primera dirección (251) obtenida mediante formación de haz está priorizada sobre la transmisión en la segunda dirección (252) obtenida mediante formación de haz, dependiendo de, al menos, una información espacial (195, 231, 741, 742) del dispositivo (123, 130).

8. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7,

en el que la, al menos, una información espacial (195, 231, 741, 742) comprende, al menos, un elemento seleccionado del grupo que comprende: una posición relativa (741) del dispositivo (123, 130) con respecto a un nodo de acceso (121 - 123) de la red inalámbrica (100); un movimiento relativo (742) del dispositivo (123, 130) con respecto al nodo de acceso (121 - 123); una orientación (231) del dispositivo (123, 130) con respecto al nodo de acceso (121 - 123).

9. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8,

en el que la, al menos, una información espacial (195, 231, 741, 742) indica un entorno (195) entre el dispositivo (123, 130) y un nodo de acceso (121 - 123) de la red inalámbrica (100).

10. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, que comprende, además:

– recibir un mensaje de control (A2) desde la red inalámbrica (100), indicando el mensaje de control (A2), al menos, partes de la, al menos, una información espacial (195, 231, 741, 742).

11. Un dispositivo (123, 130), que puede estar conectado a una red inalámbrica (100) a través de una interfaz de radio (190), que comprende:

– un conjunto de antenas (130-2a), configurado para ejecutar la transmisión en una pluralidad de direcciones (251, 252) obtenidas mediante formación de haz,

– al menos, un procesador (130-1), configurado para determinar, en base, al menos, a una información espacial (195, 231, 741, 742) del dispositivo (123, 130), los pesos de antena de la pluralidad de direcciones (251, 252) obtenidas mediante formación de haz,

en el que el, al menos, un procesador (130-1) está configurado para controlar el conjunto de antenas (130-2a), en base a los pesos de la antena, para ejecutar de manera secuencial la transmisión en la pluralidad de direcciones (251, 252) obtenidas mediante formación de haz y para priorizar la transmisión en una primera dirección (251) obtenida mediante formación de haz de la pluralidad de direcciones (251, 252) obtenidas mediante formación de haz sobre la transmisión en una segunda dirección (252) obtenida mediante formación de haz de la pluralidad de direcciones (251, 252) obtenidas mediante formación de haz, caracterizado por que el, al menos, un procesador (130-1) está configurado para controlar el conjunto de antenas (130-2a) para priorizar la transmisión en la primera dirección (251) obtenida mediante formación de haz sobre la transmisión en la segunda dirección (252) obtenida mediante formación de haz durante el descubrimiento del nodo de acceso de un nodo de acceso (121 - 123) de la red inalámbrica (100).

12. El dispositivo de la reivindicación 11, que está configurado para llevar a cabo el método de cualquiera de las reivindicaciones 2 a 10.

13. El dispositivo (121 - 123) de la reivindicación 11 o 12,

en el que el dispositivo es un dispositivo de comunicación móvil (130) o un nodo de acceso (121 - 123) de retransmisión móvil.

14. Un producto de programa informático, que comprende el código de programa para ser ejecutado por, al menos, un procesador de un dispositivo (123, 130), en el que la ejecución del código de programa hace que el, al menos, un procesador ejecute un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10.

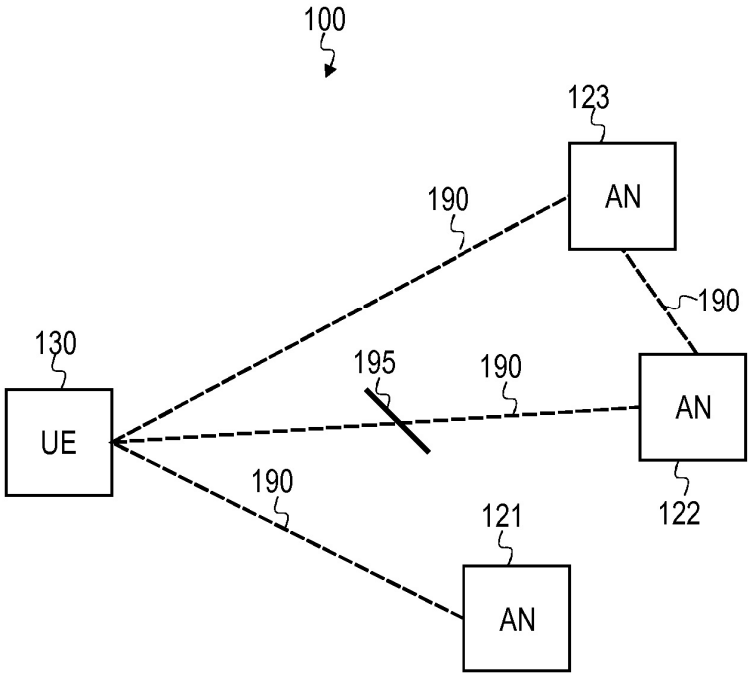
100
123
AN
190
190
130
195
190
AN
UE
190
122
121
AN

FIG. 1

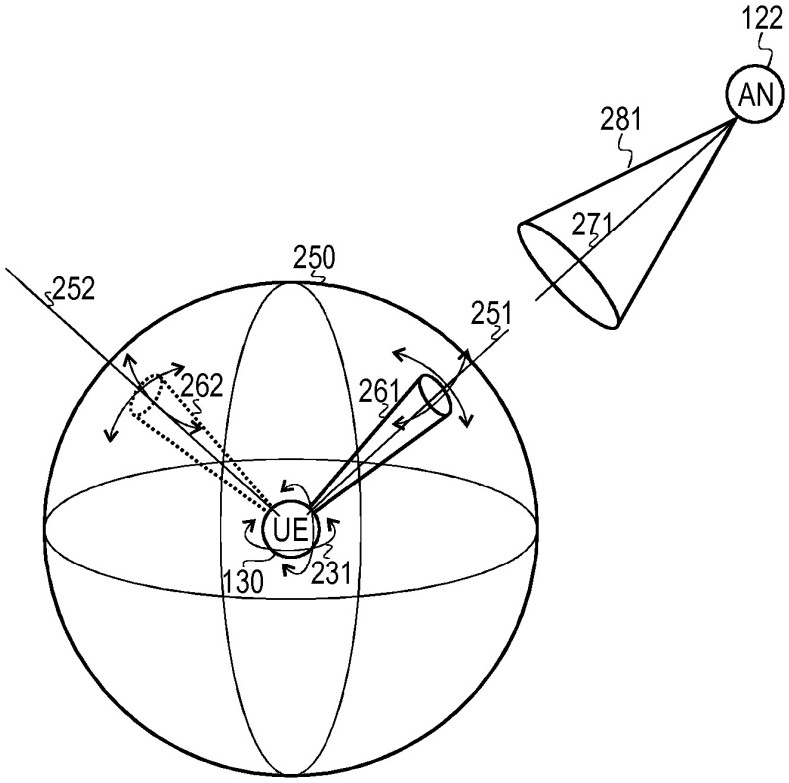
122
AN
281
271
250
252
251
262
261
UE
130
231

FIG. 2

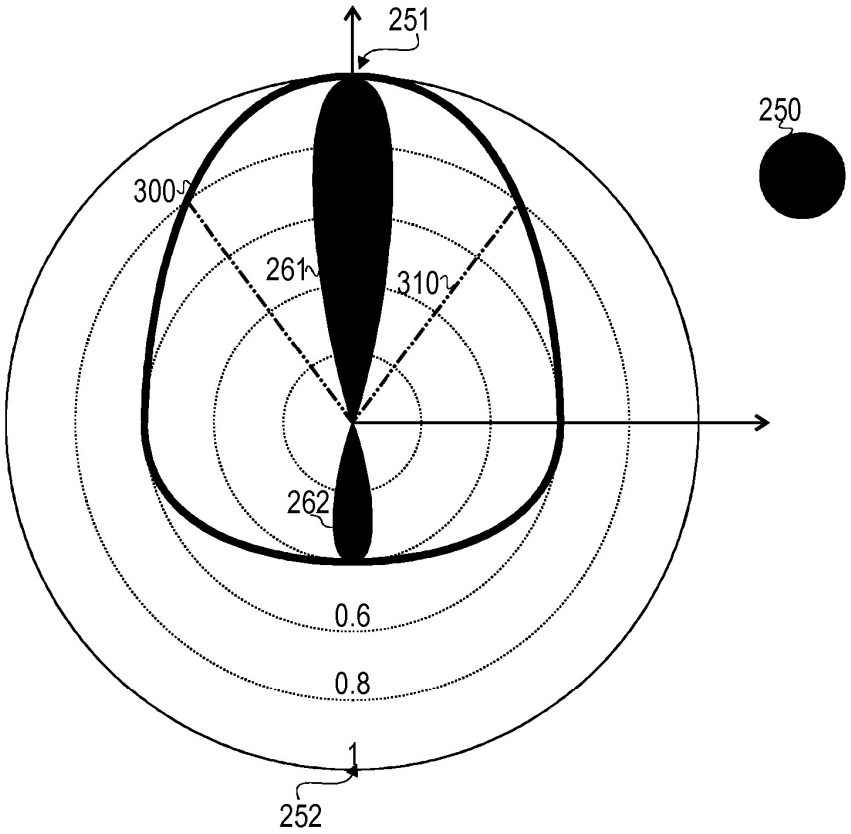

FIG. 3

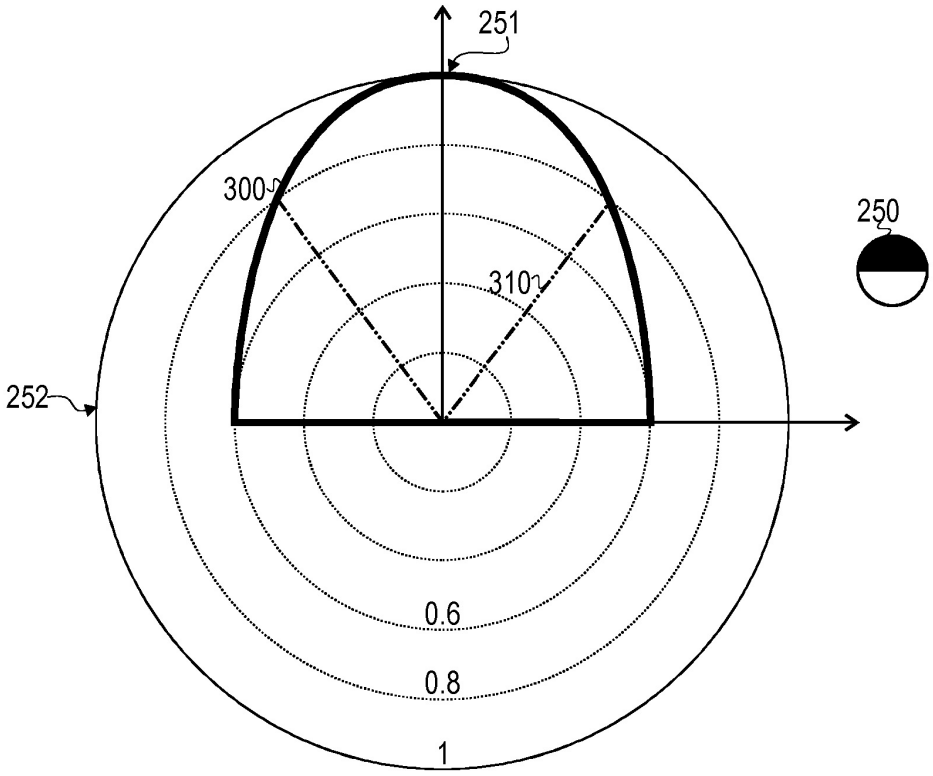

FIG. 4

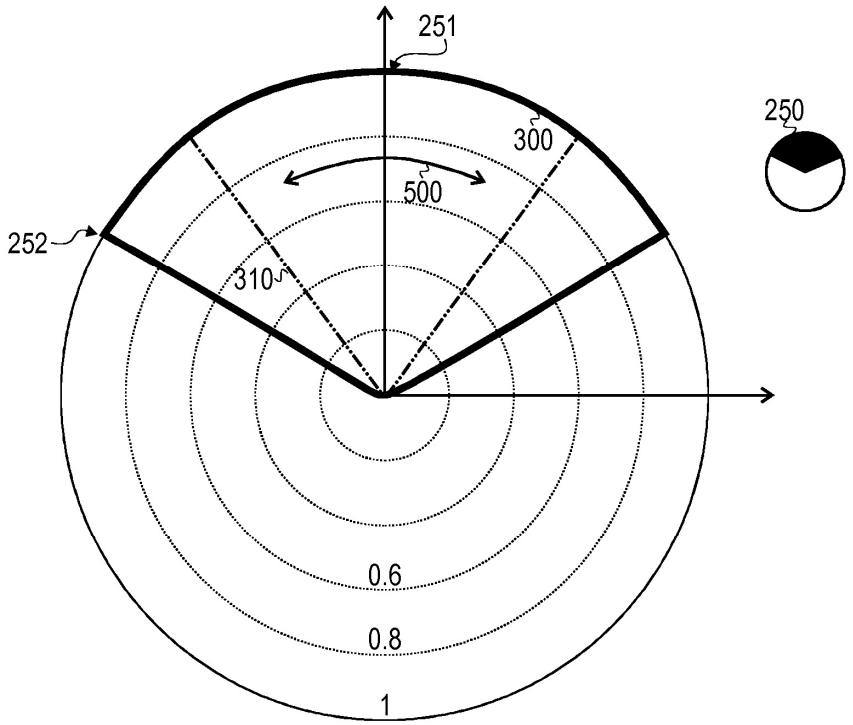
251
250
300
500
252
310
0.6
0.8
1

FIG. 5

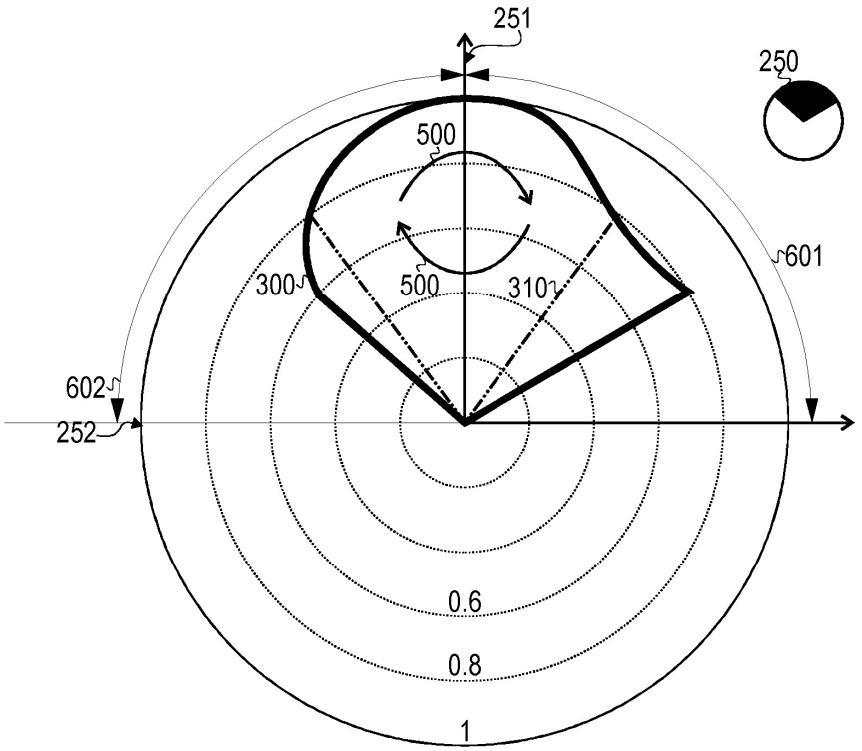
251
250
500
601
300
500
310
602
252
0.6
0.8
1

FIG. 6

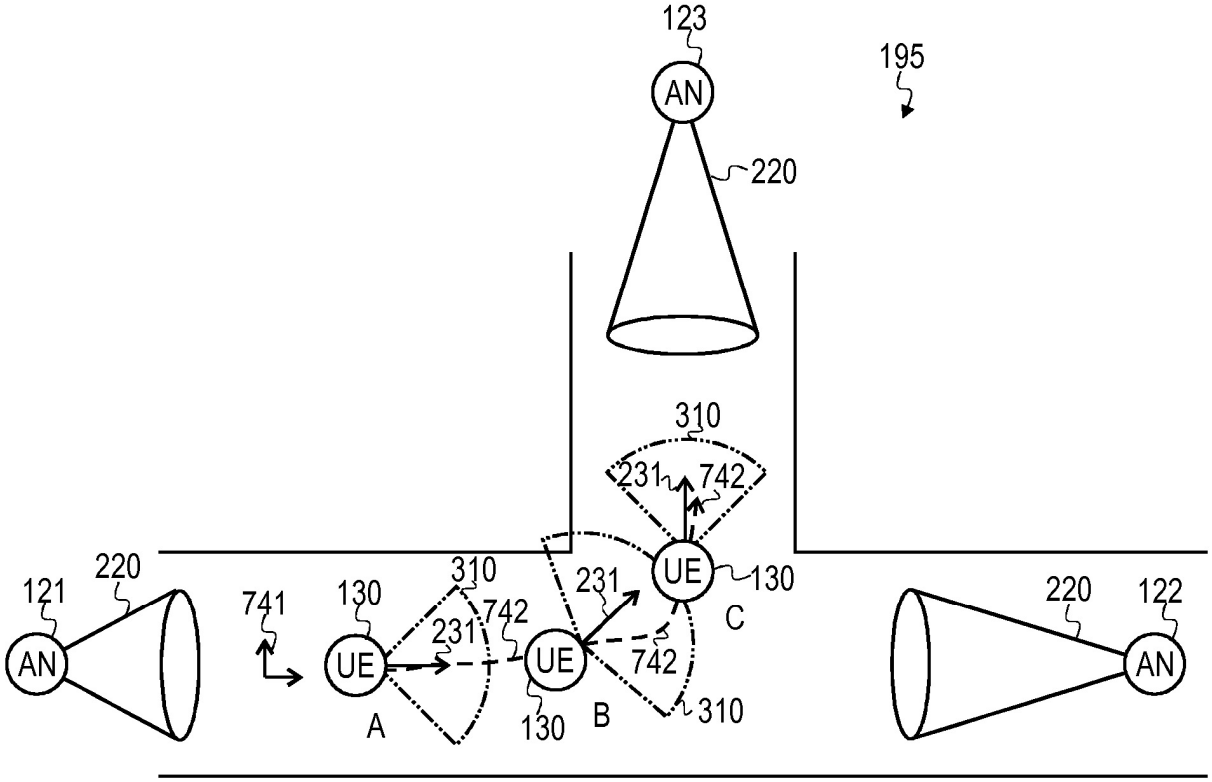
123
AN
195
220
310
231
742
UE
130
C
121
220
741
130
310
231
742
UE
231
UE
742
A
130
B
310
220
122
AN
AN

FIG. 7

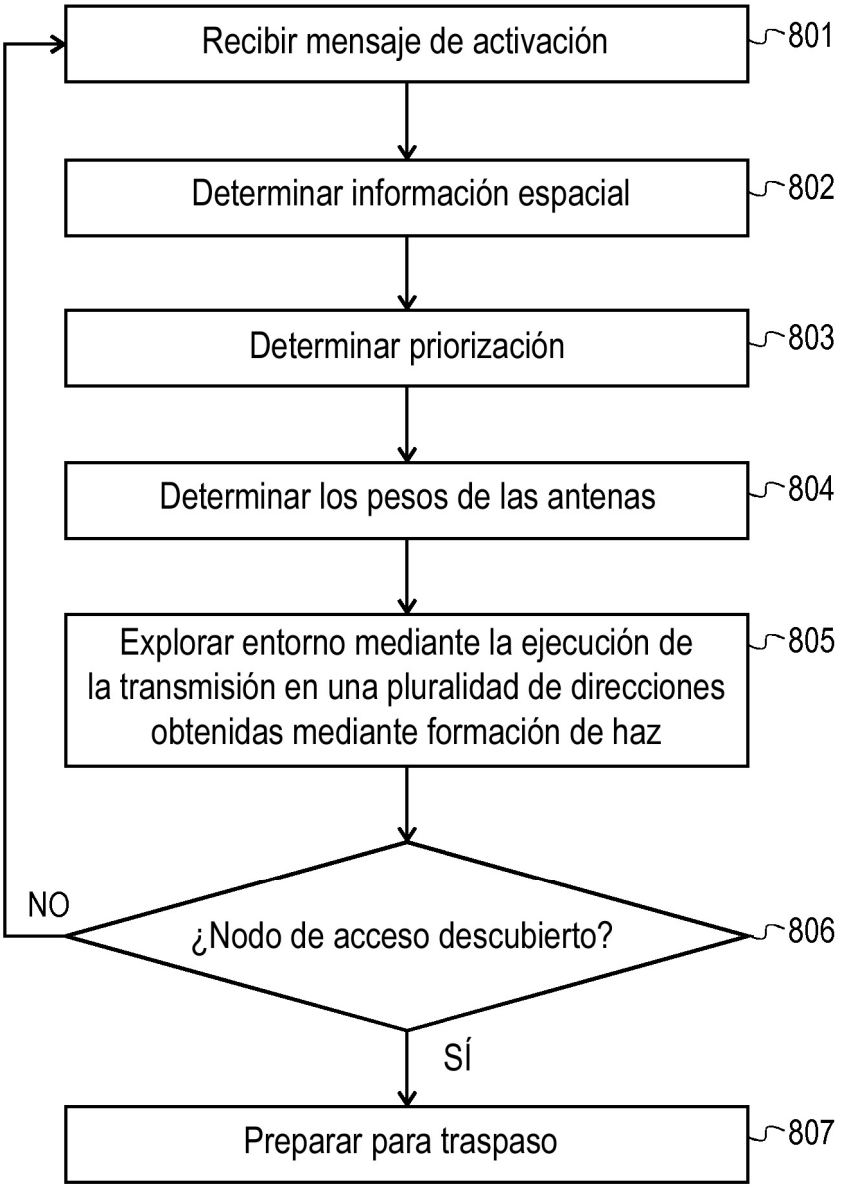
Recibir mensaje de activación
801
Determinar información espacial
802
Determinar priorización
803
Determinar los pesos de las antenas
804
Explorar entorno mediante la ejecución de la transmisión en una pluralidad de direcciones obtenidas mediante formación de haz
805
NO
¿Nodo de acceso descubierto?
806
SÍ
Preparar para traspaso
807

FIG. 8

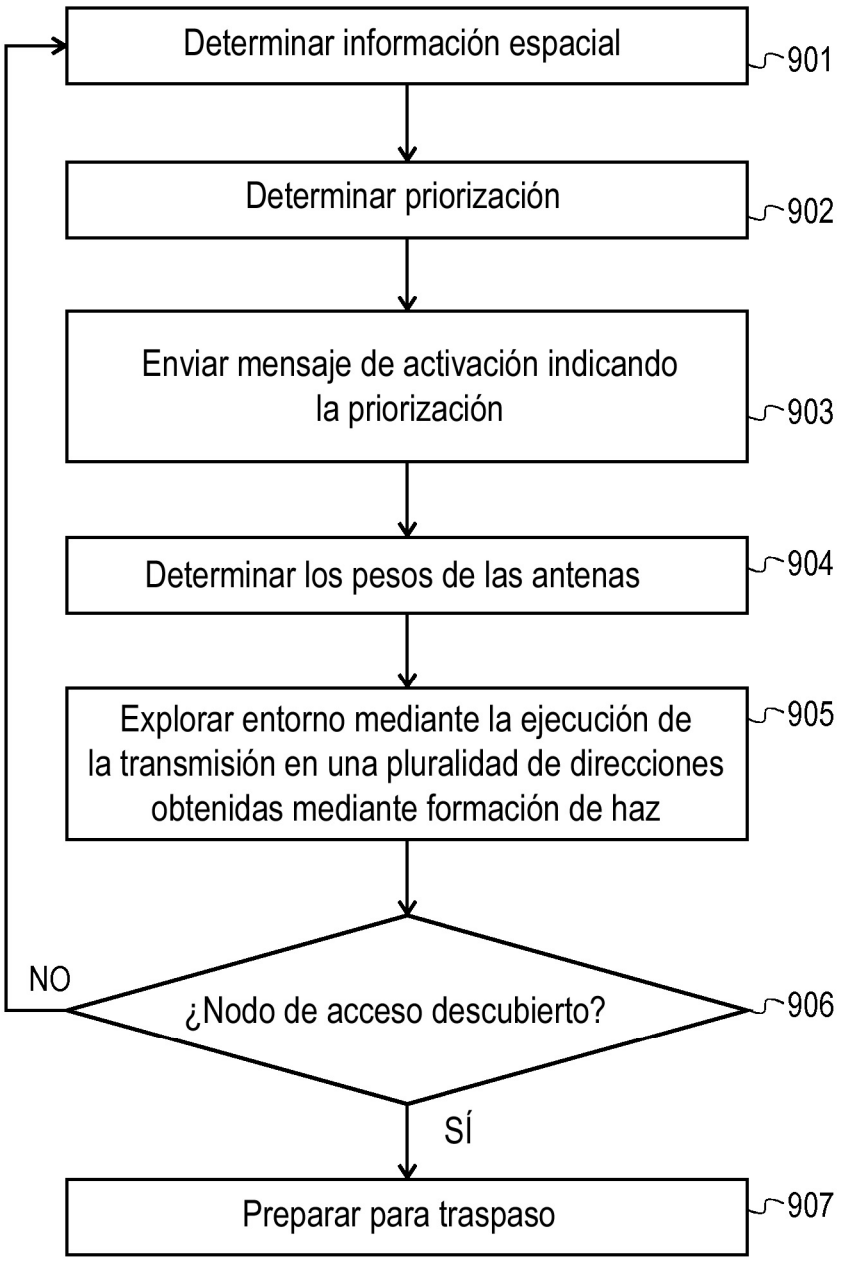
Determinar información espacial
901
Determinar priorización
902
Enviar mensaje de activación indicando la priorización
903
Determinar los pesos de las antenas
904
Explorar entorno mediante la ejecución de la transmisión en una pluralidad de direcciones obtenidas mediante formación de haz
905
NO
¿Nodo de acceso descubierto?
906
SÍ
Preparar para traspaso
907

FIG. 9

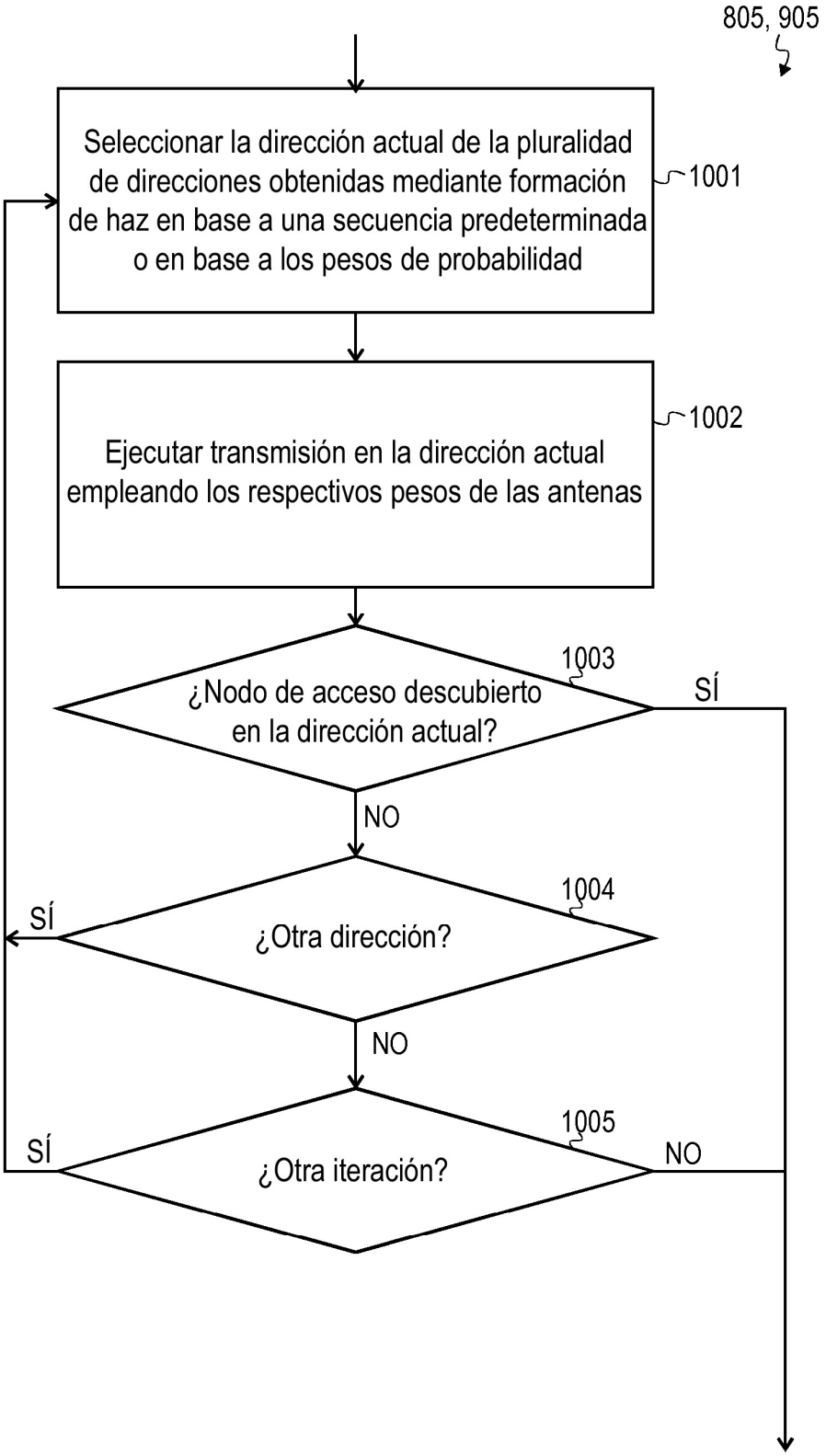
805, 905
Seleccionar la dirección actual de la pluralidad de direcciones obtenidas mediante formación de haz en base a una secuencia predeterminada o en base a los pesos de probabilidad
1001
Ejecutar transmisión en la dirección actual empleando los respectivos pesos de las antenas
1002
¿Nodo de acceso descubierto en la dirección actual?
1003
SÍ
NO
¿Otra dirección?
1004
SÍ
NO
¿Otra iteración?
1005
SÍ
NO

FIG. 10

1100

0,1408	0,2123	0,2500	0,2123	0,1408
0,2123	0,3752	0,5000	0,3752	0,2123
0,2500	0,5000	1,0000	0,5000	0,2500
0,2123	0,3752	0,5000	0,3752	0,2123
0,1408	0,2123	0,2500	0,2123	0,1408

FIG. 11

1100

0,0198	0,0451	0,0625	0,0451	0,0198
0,0451	0,1408	0,2500	0,1408	0,0451
0,0625	0,2500	1,0000	0,2500	0,0625
0,0451	0,1408	0,2500	0,1408	0,0451
0,0198	0,0451	0,0625	0,0451	0,0198

FIG. 12

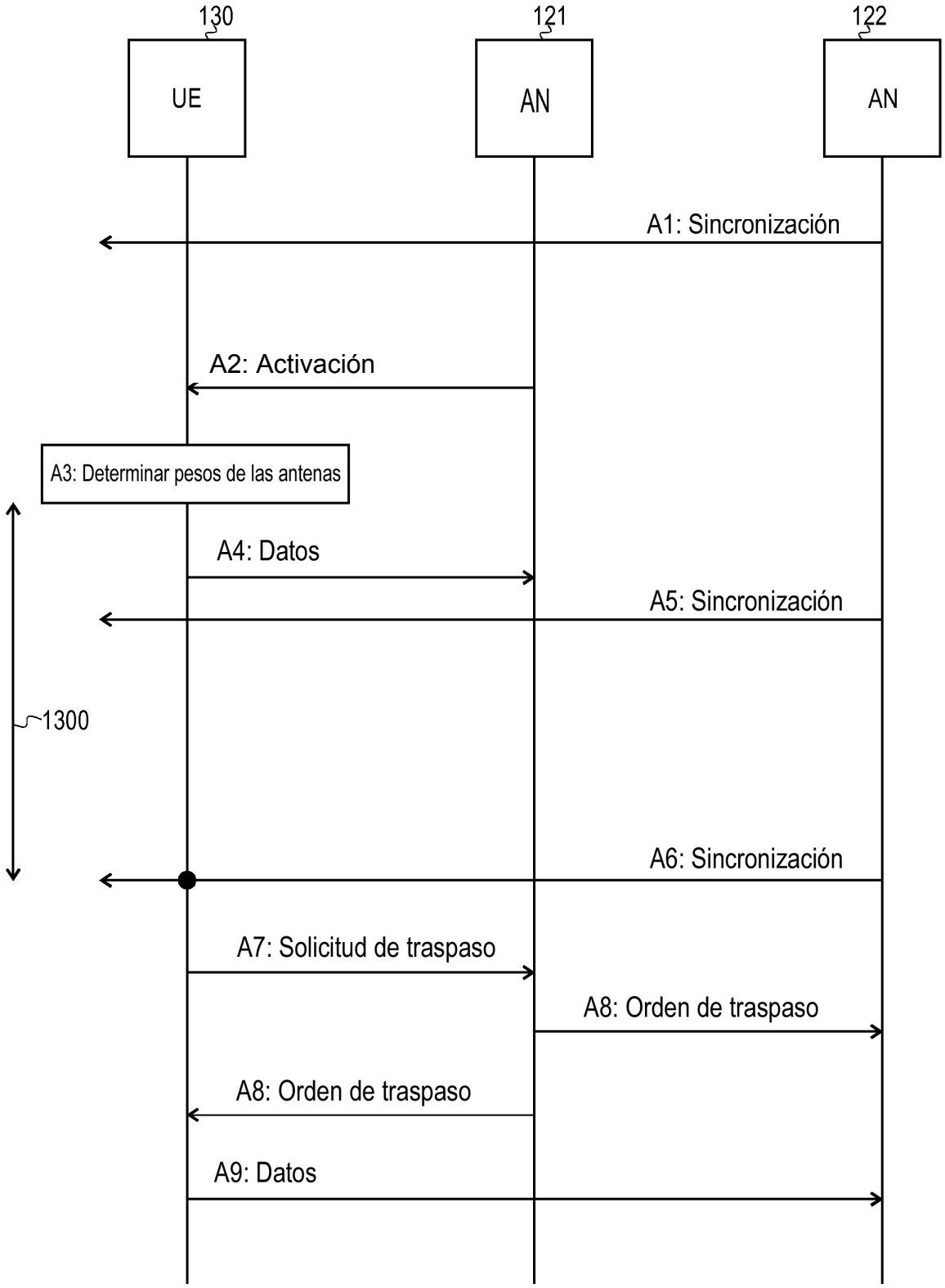
130
121
122
UE
AN
AN
A1: Sincronización
A2: Activación
A3: Determinar pesos de las antenas
A4: Datos
A5: Sincronización
1300
A6: Sincronización
A7: Solicitud de traspaso
A8: Orden de traspaso
A8: Orden de traspaso
A9: Datos

FIG. 13

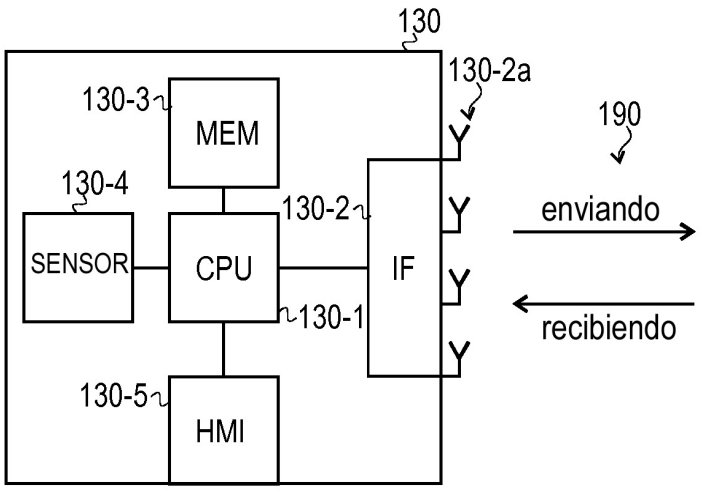
130
130-2a
130-3
MEM
190
130-4
130-2
enviando
SENSOR
CPU
IF
130-1
recibiendo
130-5
HMI

FIG. 14

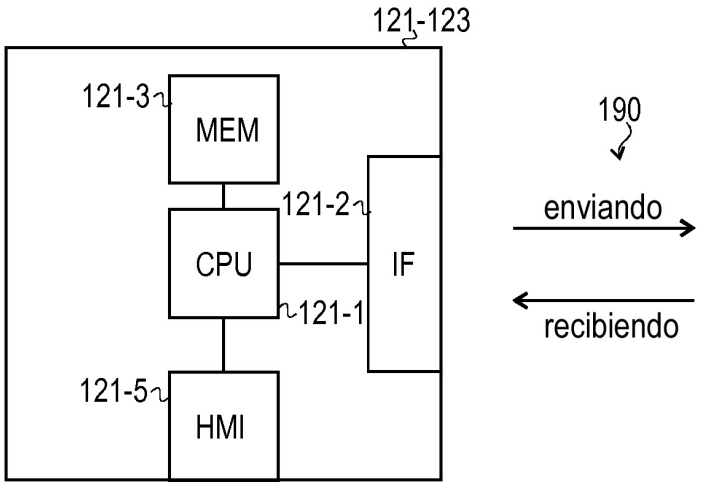
121-123
121-3
MEM
190
121-2
enviando
CPU
IF
121-1
recibiendo
121-5
HMI

FIG. 15

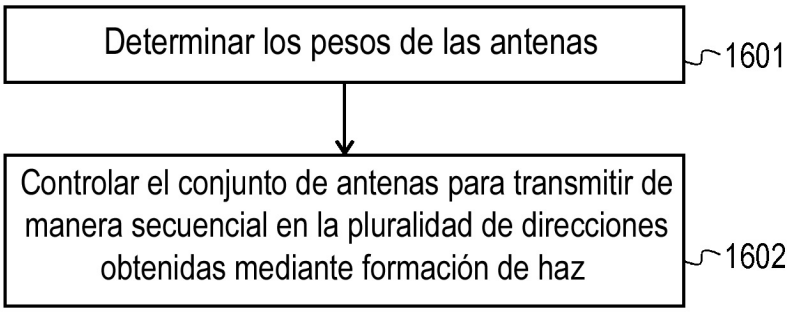
Determinar los pesos de las antenas
1601
Controlar el conjunto de antenas para transmitir de manera secuencial en la pluralidad de direcciones obtenidas mediante formación de haz
1602

FIG. 16

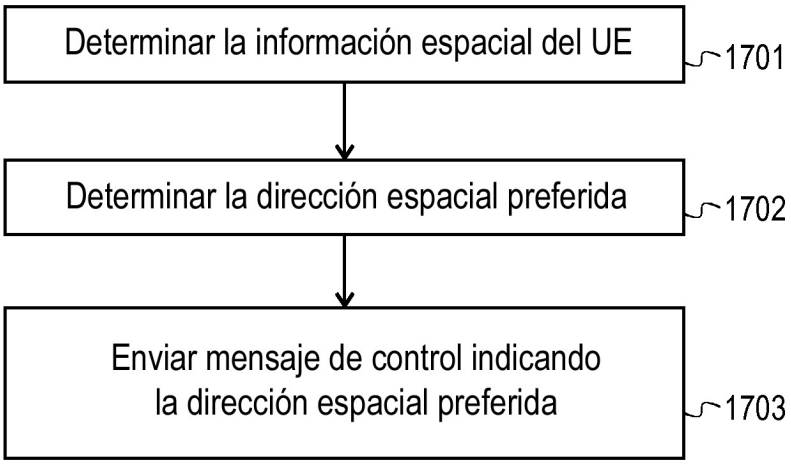
Determinar la información espacial del UE
1701
Determinar la dirección espacial preferida
1702
Enviar mensaje de control indicando la dirección espacial preferida
1703

FIG. 17