

GESTIÓN DE HAZ DE UN DISPOSITIVO TRANSCEPTOR DE RADIO

CAMPO DE LA TÉCNICA

Las realizaciones que se presentan aquí se refieren a un método, un dispositivo transceptor de radio, un programa informático y un producto de programa informático para realizar la gestión de haz. Las realizaciones que se presentan aquí se refieren además a un método, un dispositivo transceptor de radio, un programa informático y un producto de programa informático para participar en la gestión de haz.

ANTECEDENTES

En las redes de comunicaciones puede resultar difícil obtener un buen rendimiento y capacidad para un determinado protocolo de comunicaciones, sus parámetros y el entorno físico en el que se despliega la red de comunicaciones. Por ejemplo, para las futuras generaciones de redes de comunicaciones móviles podrían necesitarse bandas de frecuencias en muchas frecuencias portadoras diferentes. Por ejemplo, podrían necesitarse bandas de frecuencias bajas de ese tipo para lograr una cobertura de red suficiente para los dispositivos inalámbricos y bandas de frecuencias más altas (por ejemplo, a longitudes de onda milimétricas (mmW), es decir, cerca y por encima de 30 GHz) para alcanzar la capacidad de red necesaria. En términos generales, en las altas frecuencias las propiedades de propagación del canal de radio son más difíciles y podría ser necesario formar haces tanto en el nodo de la red como en los dispositivos inalámbricos para alcanzar un presupuesto de enlace suficiente.

En una red de comunicaciones en la que un punto de transmisión y recepción (TRP) del lado de la red utiliza haces estrechos para la transmisión, se supone que se descubre y vigila al menos uno de los haces estrechos de transmisión para cada dispositivo inalámbrico servido del lado del usuario. Este proceso de descubrimiento y monitoreo se denomina gestión de haces. Para realizar la gestión de haz, el nodo de la red utiliza mediciones (tales como la potencia de la señal de referencia recibida), obtenidas y notificadas por los dispositivos inalámbricos servidos, en señales de referencia de enlace descendente tales como las señales de referencia de información sobre el estado del canal (CSI-RS). El par de haces para el que se obtuvo la mayor potencia de la señal de

referencia recibida se utiliza entonces como el enlace del par de haces activo. En términos generales, un par de haces se define por un haz de transmisión en el extremo emisor (tal como en el TRP) y un haz de recepción correspondiente en el extremo receptor (tal como en el dispositivo inalámbrico), donde el haz de transmisión y el haz de recepción se seleccionan a partir de conjuntos de haces candidatos disponibles para maximizar un criterio de calidad (como la mayor potencia de la señal de referencia recibida) para la transmisión desde el extremo emisor al extremo receptor.

El CSI-RS para la gestión de haz puede transmitirse de forma periódica, semipersistente o aperiódica (por ejemplo, cuando se dispara un evento) y pueden compartirse entre múltiples dispositivos terminales o ser específicos para un determinado dispositivo terminal, o grupo de dispositivos terminales. A fin de encontrar un haz de transmisión TRP adecuado para servir a uno o más de los dispositivos terminales, el TRP transmite CSI-RS en diferentes haces de transmisión TRP en los que los dispositivos terminales realizan mediciones (tales como las mediciones de la potencia de la señal de referencia recibida, RSRP) e informan sobre los N mejores haces de transmisión TRP con las mejores mediciones (tales como el RSRP más alto). El valor de N podría ser configurado por la red. Podrían transmitirse diferentes haces de transmisión TRP en diferentes recursos CSI-RS (es decir, un haz de transmisión TRP corresponde a un recurso CSI-RS), y los dispositivos terminales podrían informar indicadores de recursos CSI-RS (CRI) N para informar al TRP qué haces de transmisión del TRP dieron las mejores mediciones.

Si el TRP tiene antenas de doble polarización, cada recurso CSI-RS podría configurarse con dos puertos de antena; un puerto de antena por cada polarización. De este modo, cada haz de transmisión del TRP se transmite con dos polarizaciones. En este caso, los dispositivos terminales pueden medir un promedio de RSRP sobre ambas polarizaciones y luego informar sobre el mejor o los mejores haces de transmisión TRP según el promedio de RSRP de cada haz.

Alternativamente, cada recurso CSI-RS puede configurarse con un solo puerto de antena. Esto significa que el CSI-RS se transmite sobre una polarización. Una

ventaja de utilizar recursos de CSI-RS de un puerto en comparación con los recursos de CSI-RS de dos puertos para la gestión de haces es, por ejemplo, que los barridos de haz de transmisión TRP pueden realizarse dos veces más rápido para los TRP con conjuntos de antenas analógicas. Esto se debe a que entonces pueden transmitirse simultáneamente dos haces de transmisión TRP (uno por polarización) que apuntan en direcciones mutuamente diferentes. Esto significa que la mitad de los haces de transmisión TRP pueden evaluarse en una polarización para un conjunto de antenas y la otra mitad de los haces de transmisión TRP en la otra polarización en otro conjunto de antenas (suponiendo que los conjuntos de antenas apunten en la misma dirección). Por lo tanto, el barrido de haz tomará la mitad del tiempo comparado con el barrido de haz de dos puertos. Una desventaja de los recursos de CSI-RS de un solo puerto es que, debido a que el CSI-RS se transmite en una sola polarización, no hay ninguna información de cuán bueno es el rendimiento para el mismo haz de transmisión TRP en la otra polarización. En caso de que el RSRP difiera mucho entre las diferentes polarizaciones para el mismo haz de transmisión TRP, existe el riesgo de que el dispositivo terminal elija un haz de transmisión TRP no óptimo. Por lo tanto, aunque el CSI-RS de un puerto para la gestión de haz consume menos tiempo que el CSI-RS de dos puertos, es menos fiable.

Por lo tanto, sigue siendo necesario mejorar la gestión de haz en una red de comunicaciones.

RESUMEN

Un objeto de las realizaciones aquí es proporcionar una gestión eficiente de haz de luz que no sufra de los problemas señalados anteriormente, o al menos donde los problemas señalados anteriormente sean mitigados.

De acuerdo con un primer aspecto se presenta un método para realizar la gestión de haz. El método se realiza mediante un dispositivo transceptor de radio. El método comprende la transmisión de una señal de referencia en un haz de transmisión como parte de la gestión de haz. La señal de referencia en el haz de transmisión ocupa recursos de tiempo/frecuencia que se extienden a lo largo de un intervalo de frecuencias. El haz de transmisión tiene una polarización dependiente de la frecuencia a lo largo del intervalo de frecuencias.

Según un segundo aspecto se presenta un dispositivo transceptor de radio para realizar la gestión de haz. El dispositivo transceptor de radio comprende circuitos de procesamiento. Los circuitos de procesamiento están configurados para que el dispositivo transceptor de radio transmita una señal de referencia en un haz de transmisión como parte de la gestión de haz. La señal de referencia en el haz de transmisión ocupa recursos de tiempo/frecuencia que se extienden a lo largo de un intervalo de frecuencias. El haz de transmisión tiene una polarización dependiente de la frecuencia a lo largo del intervalo de frecuencias.

Según un tercer aspecto se presenta un dispositivo transceptor de radio para realizar la gestión de haz. El dispositivo transceptor de radio comprende: circuitos de procesamiento y un medio de almacenamiento. El medio de almacenamiento almacena instrucciones que, cuando son ejecutadas por los circuitos de procesamiento, hacen que el dispositivo transceptor de radio transmita una señal de referencia en un haz de transmisión como parte de la gestión de haz. La señal de referencia en el haz de transmisión ocupa recursos de tiempo/frecuencia que se extienden a lo largo de un intervalo de frecuencias. El haz de transmisión tiene una polarización dependiente de la frecuencia a lo largo del intervalo de frecuencias.

Según un cuarto aspecto se presenta un dispositivo transceptor de radio para realizar la gestión de haz. El dispositivo transceptor de radio comprende un módulo de transmisión configurado para transmitir una señal de referencia en un haz de transmisión como parte de la gestión de haz. La señal de referencia en el haz de transmisión ocupa recursos de tiempo/frecuencia que se extienden a lo largo de un intervalo de frecuencias. El haz de transmisión tiene una polarización dependiente de la frecuencia a lo largo del intervalo de frecuencias.

De acuerdo con un quinto aspecto se presenta un programa informático para realizar la gestión de haz. El programa informático comprende un código de programa informático que, cuando se ejecuta en los circuitos de procesamiento de un dispositivo transceptor de radio, hace que el dispositivo transceptor de radio realice un método de acuerdo con el primer aspecto.

De acuerdo con un sexto aspecto se presenta un método para participar en la gestión de haz. El método se realiza mediante un dispositivo transceptor de

radio. El método comprende la recepción de una señal de referencia transmitida en un haz de transmisión desde otro dispositivo transceptor de radio como parte de la participación en la gestión de haz. La señal de referencia en el haz de transmisión ocupa recursos de tiempo/frecuencia que se extienden a lo largo de un intervalo de frecuencias. El haz de transmisión tiene una polarización dependiente de la frecuencia a lo largo del intervalo de frecuencias.

Según un séptimo aspecto se presenta un dispositivo transceptor de radio para participar en la gestión de haz. El dispositivo transceptor de radio comprende circuitos de procesamiento. Los circuitos de procesamiento están configurados para que el dispositivo transceptor de radio reciba una señal de referencia transmitida en un haz de transmisión desde otro dispositivo transceptor de radio como parte de la participación en la gestión de haz. La señal de referencia en el haz de transmisión ocupa recursos de tiempo/frecuencia que se extienden a lo largo de un intervalo de frecuencias. El haz de transmisión tiene una polarización dependiente de la frecuencia a lo largo del intervalo de frecuencias.

De acuerdo con un octavo aspecto se presenta un dispositivo transceptor de radio para participar en la gestión de haz. El dispositivo transceptor de radio comprende circuitos de procesamiento y un medio de almacenamiento. El medio de almacenamiento almacena instrucciones que, cuando son ejecutadas por los circuitos de procesamiento, hacen que el dispositivo transceptor de radio reciba una señal de referencia transmitida en un haz de transmisión desde otro dispositivo transceptor de radio como parte de la participación en la gestión de haz. La señal de referencia en el haz de transmisión ocupa recursos de tiempo/frecuencia que se extienden a lo largo de un intervalo de frecuencias. El haz de transmisión tiene una polarización dependiente de la frecuencia a lo largo del intervalo de frecuencias.

Según un noveno aspecto se presenta un dispositivo transceptor de radio para participar en la gestión de haz. El dispositivo transceptor de radio comprende un módulo de recepción configurado para recibir una señal de referencia transmitida en un haz de transmisión desde otro dispositivo transceptor de radio como parte de la participación en la gestión de haz. La señal de referencia en el haz de transmisión ocupa recursos de tiempo/frecuencia que se extienden a lo largo de

un intervalo de frecuencias. El haz de transmisión tiene una polarización dependiente de la frecuencia a lo largo del intervalo de frecuencias.

De acuerdo con un décimo aspecto se presenta un programa informático para participar en la gestión de haz: el programa informático que comprende el código de programa informático que, al funcionar con los circuitos de procesamiento de un dispositivo transceptor de radio, hace que el dispositivo transceptor de radio realice un método de acuerdo con el sexto aspecto.

Según un undécimo aspecto se presenta un producto de programa informático que comprende un programa informático según al menos uno de los aspectos del quinto y del décimo aspecto y un medio de almacenamiento legible por computadora en el que se almacena el programa informático. El medio de almacenamiento legible por computadora podría ser un medio de almacenamiento no transitorio legible por computadora.

Ventajosamente estos métodos, estos dispositivos transceptores de radio, estos programas informáticos y este producto de programa informático proveen una eficiente gestión de haz.

De manera ventajosa estos métodos, estos dispositivos transceptores de radio, estos programas informáticos y este producto de programa informático permiten una gestión de haz que no sufre los problemas mencionados anteriormente, o al menos cuando los problemas mencionados anteriormente son mitigados.

De manera ventajosa, al variar la polarización en toda la banda de frecuencias de interés para cada señal de referencia durante la gestión de haz, la selección de haz será menos sensible al desajuste de polarización, lo que mejorará la selección de haz y, por tanto, el rendimiento en la red de comunicaciones.

Por lo general, todos los términos utilizados en las reivindicaciones deben interpretarse de acuerdo con su significado ordinario en el campo de la técnica, a menos que en este documento se defina explícitamente de otro modo. Todas las referencias a “un elemento, aparato, componente, medio, módulo, paso, etc.” deben interpretarse abiertamente como relacionadas al menos con un ejemplo del elemento, aparato, componente, medio, paso, etc., a menos que se indique explícitamente lo contrario. Los pasos de cualquier método revelado en este

documento no tienen que realizarse en el orden exacto revelado, a menos que se indique explícitamente.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

El concepto inventivo se describe ahora, a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos que lo acompañan, en los cuales:

La Figura 1 es un diagrama esquemático que ilustra una red de comunicaciones inalámbrica, de acuerdo con las realizaciones del presente documento.

Las Figuras 2 y 5 son diagramas de flujo de los métodos de acuerdo con las realizaciones.

Las Figuras 3 y 4 son ilustraciones esquemáticas de un punto de transmisión y recepción de acuerdo con las realizaciones.

La Figura 6 es una ilustración esquemática de la polarización en función de la frecuencia de acuerdo con las realizaciones.

La Figura 7 es un diagrama esquemático que muestra las unidades funcionales de un dispositivo transceptor de radio de acuerdo con la realización.

La Figura 8 es un diagrama esquemático que muestra los módulos funcionales de un dispositivo transceptor de radio de acuerdo con la realización.

La Figura 9 es un diagrama esquemático que muestra las unidades funcionales de un dispositivo transceptor de radio de acuerdo con la realización.

La Figura 10 es un diagrama esquemático que muestra los módulos funcionales de un dispositivo transceptor de radio de acuerdo con la realización.

La Figura 11 muestra un ejemplo de un producto de programa informático que comprende medios legibles por computadora de acuerdo con la realización.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

El concepto inventivo ahora se describirá con más detalle en referencia a los gráficos adjuntos, en los que se muestran ciertas realizaciones del concepto inventivo. Este concepto inventivo puede, sin embargo, estar comprendido en muchas formas diferentes y no debe interpretarse que se limita a las realizaciones que se exponen aquí; más bien, estas realizaciones se proporcionan a modo de ejemplo, de modo que esta divulgación será completa y exhaustiva, y transmitirá plenamente el alcance del concepto inventivo a los expertos en la materia. Números semejantes hacen referencia a elementos

semejantes a lo largo de esta descripción. Cualquier paso o característica ilustrada con líneas discontinuas debe considerarse como opcional.

La Figura 1 es un diagrama esquemático que ilustra una red de comunicaciones 100 en la que se pueden aplicar las realizaciones que se presentan aquí. La red de comunicaciones 100 podría ser una red de telecomunicaciones de tercera generación (3G), una red de telecomunicaciones de cuarta generación (4G) o una quinta red de telecomunicaciones (5G) y admitir cualquier norma de telecomunicaciones 3GPP, cuando corresponda.

La red de comunicaciones 100 comprende un dispositivo transceptor de radio 200 configurado para, mediante el TRP 400, proporcionar acceso a la red al dispositivo transceptor de radio 300 en una red de acceso de radio 110. En algunas realizaciones el dispositivo transceptor de radio 300 forma parte de un dispositivo terminal, está integrado o colocado junto con él, y el dispositivo transceptor de radio 200 forma parte de un nodo de la red o del TRP 400, está integrado o colocado junto con él.

La red de acceso de radio 110 está conectada operativamente a una red central 120. La red central 120 está a su vez conectada operativamente a una red de servicio 130, tal como Internet. De ese modo, el dispositivo transceptor de radio 300 está habilitado, mediante el TRP 400 y el dispositivo transceptor de radio 200, para acceder a los servicios de la red de servicio 130 e intercambiar datos con ella.

Ejemplos de nodos de la red son los nodos de la red de acceso de radio, las estaciones base de radio, las estaciones base transceptoras, el Nodo B, el Nodo B evolucionado, el g Nodo B, los puntos de acceso y los nodos de acceso. Ejemplos de dispositivos terminales son los dispositivos inalámbricos, las estaciones móviles, los teléfonos móviles, los teléfonos de bucle local inalámbrico, los equipos de usuario (UE), los teléfonos inteligentes, las computadoras portátiles, las tabletas, los sensores equipados con la red, los vehículos equipados con la red y los dispositivos denominados "Internet de las cosas".

Las realizaciones aquí divulgadas pueden aplicarse a un dispositivo transceptor de radio implementado tanto como nodo de red de acceso de radio como

dispositivo terminal, o incluso como dispositivo transceptor de radio implementado como nodo *backhaul* o nodo de enlace lateral. Así, a pesar de que el dispositivo de transceptor de radio 200 dentro de al menos algunas realizaciones divulgadas aquí se describe como un nodo de red y el dispositivo de transceptor de radio 300 se describe como un dispositivo terminal, la funcionalidad del dispositivo transceptor de radio 200 que se divulga aquí podría implementarse igualmente en un dispositivo terminal, y viceversa para el dispositivo transceptor de radio 300.

El dispositivo transceptor de radio 200 está, mediante el TRP 400, configurado para comunicarse con el dispositivo transceptor de radio 300 en los haces 140, 140a, 140b. El dispositivo transceptor de radio 200 podría configurarse para comunicarse utilizando una variedad de haces que tienen diferentes formas y anchos, en este caso generalmente se refiere a que tienen diferentes patrones de haz.

Las realizaciones divulgadas aquí se refieren a mecanismos para realizar la gestión de los haces. Para obtener tales mecanismos da a conocer un dispositivo transceptor de radio 200, un método realizado por el dispositivo transceptor de radio 200, un producto de programa informático que comprende un código, por ejemplo, en forma de programa informático, que cuando se ejecuta en los circuitos de procesamiento del dispositivo transceptor de radio 200, hace que el dispositivo transceptor de radio 200 realice el método. Las realizaciones divulgadas aquí se refieren además a mecanismos para participar en la gestión de los haces. Para obtener tales mecanismos da a conocer además un dispositivo transceptor de radio 300, un método realizado por el dispositivo transceptor de radio 300 y un producto de programa informático que comprende un código, por ejemplo, en forma de programa informático, que cuando se ejecuta en los circuitos de procesamiento del dispositivo transceptor de radio 300, hace que el dispositivo transceptor de radio 300 realice el método.

Ahora se hace referencia a la Figura 2 que ilustra un método para realizar la gestión de haz como el realizado por el dispositivo transceptor de radio 200 de acuerdo con una realización.

Las realizaciones divulgadas aquí se basan en el cambio de la polarización de cada haz de transmisión TRP, en el que se transmite una señal de referencia, a través de la banda de frecuencias. Así, el dispositivo transceptor de radio 200 está configurado para realizar el paso S104:

S104: El dispositivo transceptor de radio 200 transmite una señal de referencia en un haz de transmisión 140, 140a, 140b como parte de la gestión de haz. La señal de referencia en el haz de transmisión 140, 140a, 140b ocupa recursos de tiempo/frecuencia que se extienden a lo largo de un intervalo de frecuencia. El haz de transmisión 140, 140a, 140b tiene una polarización dependiente de la frecuencia a lo largo del intervalo de frecuencias.

Normalmente se transmite una señal de referencia en cada haz de transmisión 140, 140a, 140b y, durante la gestión de haz, muchos de esos haces de transmisión 140, 140a, 140b se prueban mediante el dispositivo transceptor de radio 300 para encontrar el mejor haz.

De este modo, se varía la polarización a lo largo del intervalo de frecuencias, lo que podría permitir alcanzar la diversidad de frecuencias durante los procedimientos de gestión de haz. Esto podría aumentar la probabilidad de que un dispositivo transceptor de radio 300 seleccione un buen haz de transmisión, al menos dicho haz de transmisión durante la gestión de haz.

A continuación, se divulgarán las realizaciones sobre los detalles de la gestión de haz de luz que realiza el dispositivo transceptor de radio 200.

En algunos aspectos, el dispositivo transceptor de radio 200 es un nodo de la red, y la señal de referencia se transmite en un TRP 400 del nodo de la red.

Puede haber diferentes formas en que el dispositivo transceptor de radio 200 realice la gestión de haces durante la cual la referencia se transmite en el haz de transmisión 140, 140a, 140b. A continuación, se describirán sucesivamente las distintas realizaciones relacionadas con ello.

La gestión de los haces puede realizarse de forma periódica, semipersistente o aperiódica (por ejemplo, cuando se desencadena un evento), por lo que la señal de referencia en cada haz de transmisión 140, 140a, 140b puede transmitirse de forma periódica, semipersistente o aperiódica.

La gestión de haz podría realizarse generalmente antes de la comunicación de datos, para establecer el enlace o enlaces de pares de haces adecuados. En el caso de sesiones de datos más largas, podría ser necesario actualizar los enlaces de pares de haces para permitir la continuidad de las comunicaciones. En este último caso, la gestión de los haces y las comunicaciones de datos podrían alternarse. Así pues, en algunos aspectos, el dispositivo transceptor de radio 200 ya tiene una conexión establecida con el dispositivo transceptor de radio 300 y la gestión de haz es para las comunicaciones continuas. Así, de acuerdo con una realización, el dispositivo transceptor de radio 200 está configurado para realizar el paso S102 (opcional):

S102: El dispositivo transceptor de radio 200 se comunica, mediante un haz de transmisión de corriente 140, 140a, 140b, con el dispositivo transceptor de radio 300 antes de transmitir la señal de referencia. La gestión de haz es para comunicaciones continuas con el dispositivo transceptor de radio 300.

Podría haber diferentes formas para que el dispositivo transceptor de radio 200 permita que el haz de transmisión 140, 140a, 140b tenga una polarización dependiente de la frecuencia en el intervalo de frecuencias. En algunos aspectos el cambio de polarización se debe a las ponderaciones de formación de haces utilizadas para generar el haz de transmisión 140, 140a, 140b. En particular, según una realización, la polarización dependiente de la frecuencia depende de las ponderaciones de formación de haz de transmisión 140, 140a, 140b aplicadas por el dispositivo transceptor de radio 200 para la transmisión de la señal de referencia.

Podría haber diferentes configuraciones de antena que podrían utilizarse al transmitir la señal de referencia. Las Figuras 3 y 4 ilustran un TRP 400 de acuerdo con dos realizaciones diferentes.

El TRP 400 de la Figura 3 comprende dos cadenas de base de banda 410 conectadas operativamente a un conjunto de antenas mediante un formador de haz digital 420. El conjunto de antenas comprende un primer conjunto de elementos de antena 430a y un segundo conjunto de elementos de antena 430b. De este modo, el TRP 400 de la Figura 3 puede crear simultáneamente dos haces de transmisión 140a, 140b. De esta manera, según una realización, la

señal de referencia es proporcionada por al menos dos cadenas de base de banda 410. La señal de referencia se transmite entonces mediante la formación de haces digitales.

El TRP 400 de la Figura 4 comprende una sola cadena de base de banda 410 conectada operativamente a un conjunto de antenas a través de una red de distribución analógica que comprende elementos de retardo temporal 440 y desfasadores 450 (y amplificadores de potencia opcionales, no mostrados). Ejemplos de componentes que pueden utilizarse para aplicar los elementos de retardo 440 son las líneas de retardo con base en las técnicas de ondas acústicas de volumen (BAW) o de ondas acústicas de superficie (SAW). El conjunto de antenas comprende un primer conjunto de elementos de antena 430a y un segundo conjunto de elementos de antena 430b. Por lo tanto, el TRP 400 de la Figura 4 es capaz de crear simultáneamente un solo haz de transmisión 140. De esta manera, según una realización, la señal de referencia se proporciona a partir de una única cadena de base de banda 410. La señal de referencia se transmite entonces mediante la formación de haces analógicos.

Ahora se divulgarán otros aspectos de los TRP 400 de las Figuras 3 y 4 y cómo podrían utilizarse para que el haz de transmisión 140, 140a, 140b tenga una polarización dependiente de la frecuencia en el intervalo de frecuencias.

En algunos aspectos, la señal de referencia se transmite utilizando antenas de dos polarizaciones. Las dos polarizaciones pueden ser mutuamente ortogonales. Es decir, según una realización, la señal de referencia se transmite utilizando un primer conjunto de elementos de antena 430a de una primera polarización y un segundo conjunto de elementos de antena 430b de una segunda polarización.

Se sigue haciendo referencia a la Figura 3.

En algunos aspectos el cambio de polarización a lo largo del intervalo de frecuencia se debe a un desplazamiento de fase dependiente de la frecuencia, en lo sucesivo denominado $\beta(f)$, donde f , donde está la frecuencia, y donde f transcurre a lo largo del intervalo de frecuencia. En particular, según una realización, las ponderaciones de formación de haz aplicadas al primer conjunto de elementos de antena 430a y la ponderación de formación de haz aplicada al segundo conjunto de elementos de antena 430b difieren por un desplazamiento

de fase dependiente de la frecuencia. El desplazamiento de fase dependiente de la frecuencia hace que la polarización dependiente de la frecuencia se produzca a lo largo del intervalo de frecuencias.

Aunque se ilustra que solo tiene dos cadenas de base de banda 410, el TRP 400 de la Figura 3 podría implementarse utilizando desde 1 hasta $2 \cdot M$ número de cadenas de base de banda 410, donde M es igual al número de elementos de antena con doble polarización. Para simplificar, el TRP 400 de la Figura 3 se ilustra con un conjunto de antenas con solo dos elementos de antena de polarización dual conectados a dos cadenas de base de banda 410 y el TRP 400 está configurado para realizar un barrido de haz de transmisión TRP con la utilización simultánea de solo uno o dos haces de transmisión TRP. Las realizaciones divulgadas aquí se pueden aplicar a conjuntos de antenas con cualquier número de elementos de antena y cualquier número de haces de transmisión TRP.

El barrido de haz de transmisión TRP de la Figura 3 se realiza aplicando pesos de formación de haz en una señal de referencia para ambas polarizaciones, donde para el haz de transmisión 140a (denotado como haz A) los pesos de formación de haz para el primer conjunto de elementos de la antena 430a son $e^{j\phi_{1A}}$ y $e^{j\phi_{2A}}$, donde para el haz de transmisión 140b (denotado como haz B) los pesos de formación de haz para el primer conjunto de elementos de la antena 430a son $e^{j\phi_{1B}}$ y $e^{j\phi_{2B}}$, donde para el haz de transmisión 140a los pesos de formación de haz para el segundo conjunto de elementos de la antena 430b son $e^{j(\phi_{1A}+\beta(f))}$ y $e^{j(\phi_{2A}+\beta(f))}$, donde para el haz de transmisión 140b los pesos de formación de haz para el segundo conjunto de elementos de la antena 430b son $e^{j(\phi_{1B}+\beta(f))}$ y $e^{j(\phi_{2B}+\beta(f))}$.

La diferencia de fase entre los elementos de la antena de la misma polarización es, por lo tanto, idéntica para ambas polarizaciones, a saber $(\phi_{1A} - \phi_{2A})$ y $(\phi_{1B} - \phi_{2B})$, para el haz A y el haz B, respectivamente, de manera que el haz para la polarización respectiva apunta en la misma dirección. La única diferencia entre las ponderaciones de formación de haz de las dos polarizaciones es un desplazamiento de fase adicional dependiente de la frecuencia, $(\beta(f))$, aplicado en todos los elementos de la antena para una de las dos polarizaciones (el

segundo elemento de la antena, el conjunto 430b en el ejemplo ilustrativo anterior). Este desplazamiento de fase dependiente de la frecuencia es el mismo para todos los elementos de antena de esa polarización. Por lo tanto, el desplazamiento de fase dependiente de la frecuencia no afectará la dirección de puntería de haz de transmisión, sino que solo afecta la diferencia de fase entre las dos polarizaciones a lo largo del intervalo de frecuencias. El desplazamiento de fase dependiente de la frecuencia puede generarse en la base de banda o, en caso de que se utilice la formación de haces digitales, en el formador de haces digitales 420.

Se sigue haciendo referencia a la Figura 4.

En algunos aspectos el cambio de polarización a lo largo del intervalo de frecuencias está causado por un valor de retardo temporal, en adelante denominado δ . Es decir, según una realización, la transmisión de la señal de referencia en el primer conjunto de elementos de antena 430a y el segundo conjunto de elementos de antena 430b difieren por un valor de retardo temporal δ . El desplazamiento temporal causado por el valor de retardo δ dará lugar a un desfase dependiente de la frecuencia entre los elementos de antena de las dos polarizaciones y, por lo tanto, la polarización total cambiará en la frecuencia. Es decir, el valor de retardo temporal δ hace que la polarización dependiente de la frecuencia se produzca a lo largo del intervalo de frecuencia. La demora temporal causada por el valor de la demora temporal δ se aplica en los elementos de demora temporal 440.

Podría haber diferentes maneras de seleccionar el valor de la demora temporal δ . En algunos aspectos, el valor de la demora temporal δ es una función del desplazamiento de fase total solicitado en radianes de la polarización a lo largo del intervalo de frecuencias. Más detalladamente, un desplazamiento de fase de 2π a lo largo del intervalo de frecuencias dará lugar a todos los estados de polarización posibles, es decir, un ciclo, dada una potencia igual por polarización. La relación entre el desplazamiento de fase total α a lo largo del intervalo de frecuencias, el intervalo de frecuencias B y el valor de retardo temporal requerido δ es conforme a una realización dada por la Ecuación (1):

$$\alpha = 2\pi \cdot B \cdot \delta \quad (1)$$

Es decir, según una realización, el valor de la demora temporal δ se determina de acuerdo con $\delta = \alpha / (2\pi B)$, donde B es el intervalo de frecuencias en Herz, y α es el desplazamiento de fase total en radianes de la polarización a lo largo del intervalo de frecuencias B . Según una realización $\alpha \geq 2\pi$ para asegurar que se atraviesen todos los estados de polarización posibles a lo largo del intervalo de frecuencias. Por ejemplo, un intervalo de frecuencia de 10 MHz y un desplazamiento de fase de 2π requiere un desfase de tiempo de $\delta = 0.1 \mu s$, correspondiente a aproximadamente el 10% del prefijo cíclico, suponiendo un factor de escala OFDM de 5 (donde OFDM es la abreviatura de multiplexación por división de frecuencia ortogonal), como se utiliza en algunos sistemas de telecomunicaciones 5G.

Ahora se hace referencia a la Figura 5 que ilustra un método para participar en la gestión de haz como el realizado por el dispositivo transceptor de radio 300 de acuerdo con una realización.

Como se ha divulgado anteriormente, el dispositivo transceptor de radio 200 en el paso S104 transmite una señal de referencia en un haz de transmisión 140, 140a, 140b como parte de la gestión de haz. Aquí se supone que la señal de referencia es recibida por el dispositivo transceptor de radio 300. Así, el dispositivo transceptor de radio 300 está configurado para realizar el paso S202: S202: El dispositivo transceptor de radio 300 recibe una señal de referencia transmitida en un haz de transmisión 140, 140a, 140b desde el dispositivo transceptor de radio 200 como parte de la participación en la gestión de haz. La señal de referencia en el haz de transmisión 140, 140a, 140b ocupa recursos de tiempo/frecuencia que se extienden a lo largo de un intervalo de frecuencia. El haz de transmisión 140, 140a, 140b tiene una polarización dependiente de la frecuencia a lo largo del intervalo de frecuencias.

En algunos aspectos, el dispositivo transceptor de radio 300 es un dispositivo terminal.

A continuación, se divulgarán las realizaciones relativas a otros detalles de la gestión de haces realizada por el dispositivo transceptor de radio 200 y la participación en la gestión de haces realizada por el dispositivo transceptor de radio 300.

Ahora se divulgarán otros aspectos de cómo se cambia la polarización a lo largo del intervalo de frecuencias.

Se hace referencia a la Figura 6, que ilustra esquemáticamente la polarización en función de la frecuencia según dos ejemplos ilustrativos.

En algunos aspectos la polarización cambia en las subbandas de frecuencia, donde cada subbanda tiene una polarización. En particular, según una realización, el intervalo de frecuencia se divide en al menos dos subbandas de frecuencia, y la polarización cambia entre dos subbandas de frecuencia vecinas. En la Figura, 6 cada subbanda tiene una polarización. Se puede utilizar cualquier tipo de polarización, como la lineal, la elíptica y/o la circular, o combinaciones de ellas, para maximizar la diversidad.

En algunos aspectos se calcula el ancho de banda de coherencia y el tamaño de la subbanda se basa, al menos en parte, en este cálculo. Es decir, según una realización, la señal de referencia se transmite en un canal de propagación de radio que tiene un ancho de banda de coherencia. El lugar en que se coloquen las fronteras entre cada par de subbandas de frecuencias vecinas podría depender entonces del ancho de banda de coherencia.

Generalmente, tenemos que cuanto más pequeña sea la subbanda, mejor será la diversidad. Sin embargo, si la subbanda se hace más pequeña que el ancho de banda de coherencia, la ganancia de procesamiento puede verse afectada negativamente, lo que puede disminuir el presupuesto del enlace. Por lo tanto, al determinar el tamaño de la subbanda hay un compromiso entre la diversidad y el presupuesto del enlace, que depende del ancho de banda de coherencia.

La transmisión de la señal de referencia en el haz de transmisión 140, 140a, 140b forma parte de la gestión de haz. Esa gestión de haz implica generalmente un barrido de los haces en el que la señal de referencia se transmite en múltiples haces de transmisión, cada uno en su propia dirección. La dirección se define generalmente por un patrón de haz. En particular, según una realización, la señal de referencia se transmite en al menos dos haces de transmisión 140, 140a, 140b, donde cada uno de los haces de transmisión 140, 140a, 140b tiene su propio patrón de haz.

Durante un procedimiento de gestión de haces, podría preferirse que se utilizara la misma polarización dependiente de la frecuencia para cada haz de transmisión generado, de manera que el dispositivo transceptor de radio 300 comparara las señales de referencia en los haces de transmisión que utilizan polarizaciones similares. Así pues, podría utilizarse la misma polarización dependiente de la frecuencia para cada haz generado. Es decir, cada uno de los dos haces de transmisión 140, 140a, 140b, por lo menos, podría tener la misma polarización dependiente de la frecuencia en el intervalo de frecuencias. Sin embargo, en otros aspectos la función $\beta(f)$ es única por cada haz, lo que da lugar a una polarización diferente en función de la frecuencia para cada haz generado. Es decir, cada uno de al menos dos haces de transmisión 140, 140a, 140b podrían tener alternativamente una polarización diferente dependiente de la frecuencia a lo largo del intervalo de frecuencias.

De acuerdo con una realización, el dispositivo transceptor de radio 300 está configurado para realizar el paso S204 (opcional):

S204: El dispositivo transceptor de radio 300 selecciona uno de los dos haces de transmisión, como mínimo, 140, 140a, 140b para la futura recepción de señales de datos del dispositivo transceptor de radio 200.

A este respecto se observa que en el ejemplo de la Figura 3, podrían transmitirse simultáneamente dos haces de transmisión 140a, 140b. Sin embargo, esta realización se refiere generalmente a un barrido de haz que implica la transmisión secuencial de la señal de referencia en los haces de transmisión.

Podría haber diferentes tipos de señales de referencia. La señal de referencia que se transmita podría depender del tipo de dispositivo transceptor de radio 200 que transmita la señal de referencia. De acuerdo con una realización, la señal de referencia es una CSI-RS, o está definida por un bloque de señal de sincronización (SS). Este podría ser un caso típico en el que el dispositivo transceptor de radio 200 es un nodo de la red.

De acuerdo con la realización, la señal de referencia es una señal de referencia de sonido (SRS). Este podría ser un caso típico en el que el dispositivo transceptor de radio 200 es un dispositivo terminal.

El bloque SS podría transmitirse utilizando un haz de transmisión más amplio que cuando se transmite CSI-RS. En algunos aspectos, el ancho de haz de transmisión 140, 140a, 140b depende por lo tanto del tipo de la señal de referencia. Es decir, de acuerdo con una realización, el haz de transmisión 140, 140a, 140b tiene un ancho de haz que depende del tipo de señal de referencia que se transmite en el haz de transmisión 140, 140a, 140b.

Podría haber diferentes maneras de generar haces de diferentes anchos. Por ejemplo, aplicando los principios que se exponen en el documento WO2011/050866A1 es posible, por ejemplo, generar haces tan anchos (para los haces de transmisión 140, 140a, 140b) como el ancho de haz del elemento de antena, independientemente del número de elementos de antena que haya en el sistema de antenas, lo que daría lugar a una formación de haz con doble polarización. La formación de haz con doble polarización puede utilizarse, por tanto, para ensanchar o estrechar selectivamente los haces de transmisión 140, 140a, 140b según sea necesario. Por lo tanto, los principios que se exponen en el documento WO2011/050866A1 pueden aplicarse al TRP 400 para generar los haces de transmisión 140, 140a, 140b. Otros ejemplos de principios que podrían utilizarse para generar haces de transmisión 140, 140a, 140b con anchos de haz según sea necesario se basan en la optimización de pesos complejos del sistema de antenas o en el silenciamiento de algunos elementos de las antenas del sistema de antenas. Una forma de generar haces de transmisión anchos (así como estrechos) 140, 140a, 140b con desplazamientos de fase solamente es mediante la técnica de expansión del sistema de antenas que se describe en WO2016141961 A1. WO2016141961 A1 se refiere a la formación de haces mediante un sistema de antenas que comprende elementos de doble polarización.

La Figura 7 ilustra esquemáticamente, en términos de un número de unidades funcionales, los componentes de un dispositivo transceptor de radio 200 según una incorporación. El circuito de procesamiento 210 se proporciona utilizando cualquier combinación de una o más de una unidad de procesamiento central (CPU), multiprocesador, microcontrolador, procesador de señales digitales (DSP), etc. adecuados, capaces de ejecutar instrucciones de software

almacenadas en un producto de programa informático 1110a (como en la Figura 11), por ejemplo, en forma de un medio de almacenamiento 230. El circuito de procesamiento 210 puede proporcionarse además como mínimo como un circuito integrado específico para la aplicación (ASIC), o como un conjunto de puertas programables en campo (FPGA).

En particular, el circuito de procesamiento 210 está configurado para hacer que el dispositivo transceptor de radio 200 realice una serie de operaciones, o pasos, S102-s104, como se ha divulgado anteriormente. Por ejemplo, el medio de almacenamiento 230 puede almacenar el conjunto de operaciones, y el circuito de procesamiento 210 puede configurarse para recuperar el conjunto de operaciones del medio de almacenamiento 230 para hacer que el dispositivo transceptor de radio 200 realice el conjunto de operaciones. El conjunto de operaciones puede proporcionarse como un conjunto de instrucciones ejecutables. Por lo tanto, el circuito de procesamiento 210 está dispuesto para ejecutar métodos como los que se divulgan aquí.

El medio de almacenamiento 230 también puede comprender el almacenamiento persistente, que, por ejemplo, puede ser cualquiera de las memorias magnéticas, ópticas, de estado sólido o incluso de montaje remoto.

El dispositivo transceptor de radio 200 puede comprender además una interfaz de comunicaciones 220 para las comunicaciones con otros nodos, entidades, dispositivos y funciones, como el dispositivo transceptor de radio 300, en la red de comunicaciones 100. Como tal, la interfaz de comunicaciones 220 puede comprender uno o más transmisores y receptores, que comprenden componentes analógicos y digitales. Las señales, como las señales de referencia y las señales de datos, podrían ser transmitidas y recibidas por un TRP 400 del dispositivo transceptor de radio 200. El TRP 400 podría formar parte integral del dispositivo transceptor de radio 200 o estar físicamente separado del dispositivo transceptor de radio 200. Así, la interfaz de comunicaciones 220 podría comprender opcionalmente el TRP 400.

El circuito de procesamiento 210 controla el funcionamiento general del dispositivo transceptor de radio 200, por ejemplo, enviando datos y señales de control a la interfaz de comunicaciones 220 y al medio de almacenamiento 230,

recibiendo datos e informes de la interfaz de comunicaciones 220 y recuperando datos e instrucciones del medio de almacenamiento 230. Se omiten otros componentes, así como la funcionalidad relacionada, del dispositivo transceptor de radio 200 para no oscurecer los conceptos que se presentan aquí.

La Figura 8 ilustra esquemáticamente, en términos de un número de módulos funcionales, los componentes de un dispositivo transceptor de radio 200 según una incorporación. El dispositivo transceptor de radio 200 de la Figura 8 comprende un módulo de transmisión 210b configurado para realizar el paso S104. El dispositivo transceptor de radio 200 de la Figura 8 puede comprender además una serie de módulos funcionales opcionales, tales como un módulo de comunicaciones 210a configurado para realizar el paso S102. En términos generales, cada módulo funcional 210a-210b puede implementarse en el hardware o en el software. Preferiblemente, uno o más o todos los módulos funcionales 210a-210b pueden implementarse mediante el circuito de procesamiento 210, posiblemente en cooperación con la interfaz de comunicaciones 220 y/o el medio de almacenamiento 230. Así pues, el circuito de procesamiento 210 puede disponerse para que del medio de almacenamiento 230 obtenga instrucciones como las que proporciona un módulo funcional 210a-210b y para que ejecute estas instrucciones, realizando así cualquier paso del dispositivo transceptor de radio 200 como se revela en el presente documento.

La Figura 9 ilustra esquemáticamente, en términos de un número de unidades funcionales, los componentes de un dispositivo transceptor de radio 300 según una incorporación. El circuito de procesamiento 310 se proporciona utilizando cualquier combinación de una o más de una unidad de procesamiento central (CPU), multiprocesador, microcontrolador, procesador de señales digitales (DSP), etc. adecuados, capaces de ejecutar instrucciones de software almacenadas en un producto de programa informático 1110b (como en la Figura 11), por ejemplo, en forma de un medio de almacenamiento 330. El circuito de procesamiento 310 puede proporcionarse además como mínimo como un circuito integrado específico para la aplicación (ASIC), o como un conjunto de puertas programables en campo (FPGA).

En particular, el circuito de procesamiento 310 está configurado para hacer que el dispositivo transceptor de radio 300 realice una serie de operaciones, o pasos, S202-S204, como se ha divulgado anteriormente. Por ejemplo, el medio de almacenamiento 330 puede almacenar el conjunto de operaciones, y el circuito de procesamiento 310 puede configurarse para recuperar el conjunto de operaciones del medio de almacenamiento 330 para hacer que el dispositivo transceptor de radio 300 realice el conjunto de operaciones. El conjunto de operaciones puede proporcionarse como un conjunto de instrucciones ejecutables. Por lo tanto, el circuito de procesamiento 310 está dispuesto para ejecutar métodos como los que se divulgan aquí.

El medio de almacenamiento 330 también puede comprender el almacenamiento persistente, que, por ejemplo, puede ser cualquiera de las memorias magnéticas, ópticas, de estado sólido o incluso de montaje remoto.

El dispositivo transceptor de radio 300 puede comprender además una interfaz de comunicaciones 320 para las comunicaciones con otros nodos, entidades, dispositivos y funciones, como el dispositivo transceptor de radio 300, en la red de comunicaciones 100. Como tal, la interfaz de comunicaciones 320 puede comprender uno o más transmisores y receptores, que comprenden componentes analógicos y digitales.

El circuito de procesamiento 310 controla el funcionamiento general del dispositivo transceptor de radio 300, por ejemplo, enviando datos y señales de control a la interfaz de comunicaciones 320 y al medio de almacenamiento 330, recibiendo datos e informes de la interfaz de comunicaciones 320 y recuperando datos e instrucciones del medio de almacenamiento 330. Se omiten otros componentes, así como la funcionalidad relacionada, del dispositivo transceptor de radio 300 para no oscurecer los conceptos que se presentan aquí.

La Figura 10 ilustra esquemáticamente, en términos de un número de módulos funcionales, los componentes de un dispositivo transceptor de radio 300 según una incorporación. El dispositivo transceptor de radio 300 de la Figura 10 comprende un módulo de recepción 310a configurado para realizar el paso S202. El dispositivo transceptor de radio 300 de la Figura 10 puede comprender además una serie de módulos funcionales opcionales, tales como un módulo

selecto 310b configurado para realizar el paso S204. En términos generales, cada módulo funcional 310a-310b puede implementarse en el hardware o en el software. Preferiblemente, uno o más o todos los módulos funcionales 310a-310b pueden implementarse mediante el circuito de procesamiento 310, posiblemente en cooperación con la interfaz de comunicaciones 320 y/o el medio de almacenamiento 330. Así pues, el circuito de procesamiento 310 puede disponerse para que del medio de almacenamiento 330 obtenga instrucciones como las que proporciona un módulo funcional 310a-310b y para que ejecute estas instrucciones, realizando así cualquier paso del dispositivo transceptor de radio 300 como se revela en el presente documento.

El dispositivo transceptor de radio 200 y/o el dispositivo transceptor de radio 300 pueden proporcionarse como un dispositivo autónomo o como parte de al menos un dispositivo adicional. Más arriba se han dado ejemplos de dispositivos en los que se puede proporcionar la funcionalidad del dispositivo transceptor de radio 200 y del dispositivo transceptor de radio 300.

Una primera parte de las instrucciones realizadas por el dispositivo transceptor de radio 200 y/o el dispositivo transceptor de radio 300 puede ejecutarse en un primer dispositivo respectivo, y una segunda parte de las instrucciones realizadas por el dispositivo transceptor de radio 200 y/o el dispositivo transceptor de radio 300 puede ejecutarse en un segundo dispositivo respectivo; las realizaciones que se divulgan aquí no se limitan a ningún número particular de dispositivos en los que puedan ejecutarse las instrucciones realizadas por el dispositivo transceptor de radio 200 y/o el dispositivo transceptor de radio 300. Por lo tanto, los métodos de acuerdo con las realizaciones que aquí se divulgan son adecuados para ser ejecutados por un dispositivo transceptor de radio 200 y/o un dispositivo transceptor de radio 300 que residen en un entorno computacional de nubes. Por lo tanto, aunque un solo circuito de procesamiento 210, 310 se ilustra en las Figuras 7 y 9 los circuitos de procesamiento 210, 310 pueden distribuirse entre una pluralidad de dispositivos, o nodos. Lo mismo se aplica a los módulos funcionales 210a-210b, 310a-310b de las Figuras 8 y 10 y los programas informáticos 1120a, 1120b de la Figura 11 (véase más adelante).

La Figura 11 muestra un ejemplo de un programa informático 1110a, 1110b que comprende los medios legibles por computadora 1130. En este medio legible por computadora 1130, puede almacenarse el programa informático 1120a, cuyo programa informático 1120a puede hacer que los circuitos de procesamiento 210 y sus entidades y dispositivos acoplados operativamente, como la interfaz de comunicaciones 220 y el medio de almacenamiento 230, ejecuten los métodos de acuerdo con las realizaciones que se describen aquí. El programa informático 1120a y/o el producto de programa informático 1110a pueden así proporcionar medios para realizar cualquier paso del dispositivo transceptor de radio 200 como se divulga aquí. En este medio legible por computadora 1130, puede almacenarse el programa informático 1120b, cuyo programa informático 1120b puede hacer que los circuitos de procesamiento 310 y sus entidades y dispositivos acoplados operativamente, como la interfaz de comunicaciones 320 y el medio de almacenamiento 330, ejecuten los métodos de acuerdo con las realizaciones que se describen aquí. El programa informático 1120b y/o el producto de programa informático 1110b pueden así proporcionar medios para realizar cualquier paso del dispositivo transceptor de radio 300 como se divulga aquí.

En el ejemplo de la Figura 11, el producto de programa informático 1110a, 1110b se ilustra como un disco óptico, como un CD (disco compacto) o un DVD (disco versátil digital) o un disco Blu-Ray. El producto de programa informático 1110a, 1110b también podría incorporarse como una memoria, tal como una memoria de acceso aleatorio (RAM), una memoria de solo lectura (ROM), una memoria de solo lectura programable borrrable (EPROM) o una memoria de solo lectura programable borrrable eléctricamente (EEPROM) y más particularmente como un medio de almacenamiento no volátil de un dispositivo en una memoria externa como una memoria USB (Universal Serial Bus) o una memoria Flash, como una memoria Flash compacta. Así, mientras que el programa informático 1120a, 1120b se muestra aquí esquemáticamente como una pista en el disco óptico representado, el programa informático 1120a, 1120b se puede ser almacenar de cualquier manera que sea adecuada para el producto de programa informático 1110a, 1110b.

El concepto inventivo se ha descrito principalmente más arriba con referencia a unas pocas realizaciones. Sin embargo, como un experto en la materia lo puede apreciar fácilmente, otras realizaciones distintas a las que se describieron anteriormente son igualmente posibles dentro del ámbito del concepto inventivo, tal como se define en las reivindicaciones de patente adjuntas.