CONFIGURACIÓN DE LOS AJUSTES DE FORMACIÓN DE HAZ PARA UN DISPOSITIVO TRANSCEPTOR DE RADIO INALÁMBRICO

CAMPO TÉCNICO

Las modalidades presentadas en este documento se refieren a un método, un dispositivo de transceptor de radio inalámbrico, un programa de computadora y un producto de programa de computadora para configurar los ajustes de conformación de haz.

ANTECEDENTES

En las redes de comunicaciones, puede ser difícil obtener un buen rendimiento y capacidad para un determinado protocolo de comunicaciones, sus parámetros y el entorno físico en el que se implementa la red de comunicaciones.

Por ejemplo, para futuras generaciones de sistemas de comunicaciones móviles podrían ser necesarias bandas de frecuencia en diferentes frecuencias de operador. Por ejemplo, tales bandas de frecuencia bajas podrían ser necesarias para lograr una cobertura de red suficiente para dispositivos de transceptor de radio inalámbricos y bandas de frecuencia más altas (por ejemplo, en longitudes de onda milimétricas (mmW), es decir, cerca de 30 GHz) podrían ser necesarias para alcanzar la capacidad de red requerida. En términos generales, a altas frecuencias, las propiedades de propagación del canal de radio son más desafiantes y la formación de haz tanto en el nodo de acceso de la red como en el transceptor de radio inalámbrico puede que se requieran dispositivos para alcanzar un presupuesto de enlace suficiente.

Los dispositivos transceptores de radio inalámbricos podrían implementar la formación de haz por medio de formación de haz analógica, formación de haz digital o formación de haz híbrido. Cada implementación tiene sus ventajas y desventajas. Una implementación de conformación de haz digital es la

implementación más flexible de las tres, pero también la más costosa debido a la gran cantidad de cadenas de radio y cadenas de banda base requeridas. Una implementación de conformación de haz analógica es la menos flexible pero más económica de fabricar debido a un número reducido de cadenas de radio y cadenas de banda base en comparación con la implementación de conformación de haz digital. Una implementación de conformación de haz híbrida es un compromiso entre las implementaciones de conformación de haz analógica y digital. Como entiende la persona experta, según los requisitos de costo y rendimiento de los diferentes dispositivos de transceptor de radio inalámbricos, se necesitarán diferentes implementaciones.

Cuando los dispositivos de transceptor de radio inalámbricos utilizan una forma de haz analógica, puede ser difícil para los dispositivos de transceptor de radio inalámbricos determinar si un haz utilizado actualmente producido mediante la formación de haz analógico es un buen haz en términos de un criterio de calidad de señal dado o si existen otros haces que si se generan por la conformación de haz analógica tendrían un rendimiento significativamente mejor en términos del criterio de calidad de señal dado. Con el fin de evaluar si algún otro haz de este tipo es mejor, se podrían utilizar procedimientos de búsqueda de haz, por ejemplo, utilizando señales de referencia de haz (BRS). Sin embargo, realizar un procedimiento de este tipo típicamente requiere una señalización comparativamente mayor entre el nodo de acceso y el dispositivo de transceptor de radio inalámbrico que, por lo tanto, ocupará temporalmente los recursos de radio y aumentará la interferencia promedio en la red.

Por lo tanto, existe la necesidad de un procedimiento de búsqueda de haz mejorado.

RESUMEN

Un objeto de las modalidades en este documento es permitir la búsqueda de haz eficiente para un dispositivo de transceptor de radio inalámbrico.

De acuerdo con un primer aspecto, se presenta un método para configurar los ajustes de conformación de haz. El método se realiza mediante un dispositivo de transceptor de radio inalámbrico configurado para comunicarse en haces direccionales. El método comprende obtener una indicación de rendimiento que requiere la configuración de los ajustes de conformación de haz del dispositivo de transceptor de radio inalámbrico. El método comprende seleccionar un objetivo de medida de similitud basado en el tipo de indicación de rendimiento que se obtuvo. El método comprende determinar, basándose en el objetivo de la medida de similitud y los resultados de un procedimiento de medida de similitud aplicado a pares de señales recibidas, un orden en el cual evaluar los haces direccionales cuando se configuran los ajustes de formación de haz.

Ventajosamente, esto proporciona una configuración eficiente de los ajustes de formación de haz para el dispositivo de transceptor de radio inalámbrico.

De manera ventajosa, esto permite que el dispositivo de transceptor de radio inalámbrico seleccione de manera eficiente qué (combinaciones de) haces direccionales se utilizarán al configurar los ajustes de formación de haz, dando como resultado un procedimiento de entrenamiento de haz rápido y eficiente

De acuerdo con un segundo aspecto, se presenta un dispositivo transceptor de radio inalámbrico para configurar los ajustes de formación de haz. El dispositivo de transceptor de radio inalámbrico está configurado para comunicarse en haces direccionales. El dispositivo de transceptor de radio inalámbrico comprende circuitos de procesamiento. El circuito de procesamiento está configurado para hacer que el dispositivo de transceptor de radio inalámbrico obtenga una indicación de rendimiento que requiere la configuración de los ajustes de formación de haz del dispositivo de transceptor de radio inalámbrico. El circuito de procesamiento está configurado para hacer que el dispositivo de transceptor de radio inalámbrico seleccione un objetivo de medida de similitud en función del tipo de indicación de rendimiento que se obtuvo. El circuito de procesamiento está configurado para hacer que el

dispositivo de transceptor de radio inalámbrico determine, basándose en el objetivo de la medida de similitud y los resultados de un procedimiento de medida de similitud aplicado a pares de señales recibidas, un orden en el que evaluar los haces direccionales al configurar los ajustes de conformación de haz.

De acuerdo con un tercer aspecto, se presenta un dispositivo transceptor de radio inalámbrico para la configuración de los ajustes de formación de haz. El dispositivo de transceptor de radio inalámbrico está configurado para comunicarse en haces direccionales. El dispositivo de transceptor de radio inalámbrico 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 de transceptor de radio inalámbrico realice operaciones o pasos. Las operaciones, o pasos, hacen que el dispositivo de transceptor de radio inalámbrico obtenga una indicación de rendimiento que requiere la configuración de los ajustes de haz del dispositivo de transceptor de radio inalámbrico. Las operaciones, o pasos, hacen que el dispositivo transceptor de radio inalámbrico seleccione un objetivo de medida de similitud en función del tipo de indicación de rendimiento que se obtuvo. Las operaciones, o pasos, hacen que el dispositivo transceptor de radio inalámbrico determine, basándose en el objetivo de la medida de similitud y los resultados de un procedimiento de medida de similitud aplicado a pares de señales recibidas, un orden en el que evaluar los haces direccionales cuando se configuran los ajustes de formación de haces.

De acuerdo con un cuarto aspecto, se presenta un dispositivo transceptor de radio inalámbrico para la configuración de los ajustes de formación de haz. El dispositivo de transceptor de radio inalámbrico está configurado para comunicarse en haces direccionales. El dispositivo de transceptor de radio inalámbrico comprende un módulo de configuración configurado para obtener una indicación de rendimiento que requiere la configuración de la

configuración de haz del dispositivo de transceptor de radio inalámbrico. El dispositivo transceptor de radio inalámbrico comprende un módulo de selección configurado para seleccionar un objetivo de medida de similitud en función del tipo de indicación de rendimiento que se obtuvo. El dispositivo transceptor de radio inalámbrico comprende un módulo de determinación configurado para determinar, basándose en el objetivo de medición de la similitud y los resultados de un procedimiento de medición de la similitud aplicado a los pares de señales recibidas, un orden en el que evaluar los haces direccionales cuando se configuran los ajustes de formación de haces.

De acuerdo con un quinto aspecto, se presenta un programa informático para configurar los ajustes de formación de haz, el programa informático que comprende un código de programa informático que, cuando se ejecuta en un dispositivo de transceptor de radio inalámbrico configurado para comunicarse en haces direccionales, hace que el dispositivo de transceptor de radio inalámbrico realice un método según el primer aspecto.

Según un sexto aspecto, se presenta un producto de programa informático que comprende un programa informático según el quinto aspecto y un medio de almacenamiento legible por ordenador en el que está almacenado el programa informático. El medio de almacenamiento legible por computadora podría ser un medio de almacenamiento legible por computadora no transitorio.

Cabe señalar que cualquier característica de los aspectos primero, segundo, tercero, cuarto, quinto y sexto se puede aplicar a cualquier otro aspecto, cuando sea apropiado. Asimismo, cualquier ventaja del primer aspecto puede aplicarse igualmente al segundo, tercer, cuarto, quinto y/o sexto aspecto, respectivamente, y viceversa. Otros objetivos, características y ventajas de las modalidades adjuntas serán evidentes a partir de la siguiente descripción detallada, las reivindicaciones adjuntas y los dibujos.

En general, todos los términos utilizados en las reivindicaciones deben interpretarse de acuerdo con su significado habitual en el campo técnico, a

menos que se defina explícitamente lo contrario en este documento. Todas las referencias a "un/una/el elemento, aparato, componente, medio, paso, etc." deben interpretarse abiertamente como que se refieren a al menos una instancia del elemento, aparato, componente, medio, paso, etc., a menos que se indique explícitamente lo contrario. Los pasos de cualquier método descrito aquí 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 adjuntos, en los que:

La Fig. 1 es un diagrama esquemático que ilustra una red de comunicaciones de acuerdo con las modalidades;

La figura 2 ilustra esquemáticamente un dispositivo de transceptor de radio inalámbrico de acuerdo con una modalidad;

Las figuras 3, 4 y 5 son diagramas de flujo de métodos de acuerdo con modalidades;

La figura 6 es un diagrama esquemático que muestra las unidades funcionales de un dispositivo de transceptor de radio inalámbrico de acuerdo con una modalidad;

La figura 7 es un diagrama esquemático que muestra módulos funcionales de un dispositivo de transceptor de radio inalámbrico de acuerdo con una modalidad;

La figura 8 ilustra esquemáticamente un nodo de acceso de acuerdo con una modalidad;

La figura 9 ilustra esquemáticamente un dispositivo inalámbrico de acuerdo con una modalidad; y

La figura 10 muestra un ejemplo de un producto de programa informático que comprende un medio de almacenamiento legible por ordenador según una modalidad.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

El concepto inventivo se describirá ahora más detalladamente a continuación con referencia a los dibujos adjuntos, en los que se muestran ciertas modalidades del concepto inventivo. Este concepto inventivo puede, sin embargo, materializarse en muchas formas diferentes y no debería interpretarse como limitado a las modalidades establecidas en el presente documento; en cambio, estas modalidades se proporcionan de manera que esta divulgación sea exhaustiva y completa, y transmita completamente el alcance de su concepto inventivo a los expertos en la materia. Los números similares se refieren a elementos similares a lo largo de la descripción. Cualquier paso o característica ilustrada por líneas discontinuas debe considerarse como opcional.

La figura 1 es un diagrama esquemático que ilustra una red de comunicaciones 100 que comprende un nodo de acceso 300 que proporciona acceso a la red a un dispositivo de transceptor de radio inalámbrico 200. Se supone que el dispositivo de transceptor de radio inalámbrico 200 comprende al menos dos cadenas de receptores y está configurado para recibir señales desde el nodo de acceso 300 en los haces direccionales 110a, 110b, 120a, 120b. El dispositivo de transceptor de radio inalámbrico 200 está así configurado para comunicarse en los haces direccionales 110a, 110b, 120a, 120b (en contraste con los haces omnidireccionales).

El nodo de acceso 300 podría ser cualquiera de un nodo de red de acceso de radio, una estación base de radio, una estación de transceptor base, un nodo B, un nodo evolucionado B, un nodo g B o un punto de acceso. El dispositivo de transceptor de radio inalámbrico 200 puede ser cualquiera de un dispositivo inalámbrico, estación móvil, teléfono móvil, auricular, teléfono de bucle local

inalámbrico, equipo de usuario (UE), smartphone, computadora portátil, tablet o sensor inalámbrico.

La Fig. 2 ilustra el dispositivo transmisor-receptor inalámbrico 200 de acuerdo con una modalidad. El dispositivo de transceptor de radio inalámbrico 200 está equipado con dos cadenas receptoras 130a, 130b, cada una de las cuales comprende su propia cadena de procesamiento de banda base (BPP) 140a, 140b. Cada cadena de procesamiento de banda base 140a, 140b está conectada operativamente a su propio conformador de haz analógico 150a, 150b. Cada conformador de haz analógico 150a, 150b tiene su propio conjunto de pesos de precodificadores analógicos (por ejemplo, definidos por un libro de códigos) por medio de los cuales se pueden formar los diferentes haces direccionales 110a, 110b, 120a, 120b. Para fines ilustrativos, se supone que la cadena del receptor 130a está configurada para recibir transmisiones desde el nodo de acceso 300 selectivamente en el haz direccional 110a o el haz direccional 110b y que la cadena del receptor 130b está configurada para recibir transmisiones desde el nodo de acceso 300 selectivamente en cualquier haz direccional 120a o haz direccional 120b. Por lo tanto, en el ejemplo ilustrativo de la figura 2, cada uno de los conformadores de haz analógico 150a, 150b cambia entre dos precodificadores analógicos; AP1 para generar haces direccionales 110a, 120a y AP2 para generar haces direccionales 110b, 120b. Las antenas en el dispositivo de transceptor de radio inalámbrico 200 podrían implementarse de manera irregular y la estructura física del dispositivo de transceptor de radio inalámbrico 200 podría afectar los patrones de radiación de las antenas, lo que significa que el mismo precodificador analógico se aplicó a dos formadores de haz analógicos diferentes 150a, 150b podría crear patrones de radiación totalmente diferentes, que se ilustran esquemáticamente en la Fig. 2, donde los haces direccionales 110a y 120a apuntan en direcciones mutuamente diferentes y donde los haces direccionales 110b y 120b apuntan en direcciones mutuamente diferentes (suponiendo que el mismo análogo el precodificador AP1 se aplica a ambos formadores de haz analógicos 150a, 150b para generar

haces direccionales 110a y 120a, y el mismo precodificador analógico AP2 se aplica a ambos formadores de haz analógicos 150a, 150b para generar haces direccionales 110b y 120b).

Las modalidades descritas en el presente documento se refieren a mecanismos para configurar ajustes de conformación de haz, es decir, cuál de los haces direccionales 110a, 110b, 120a, 120b para usar para la transmisión y recepción desde el nodo de acceso 300. Para obtener tales mecanismos, se proporciona un dispositivo de transceptor de radio inalámbrico 200, un método realizado por el dispositivo de transceptor de radio inalámbrico 200, un producto de programa informático que comprende un código, por ejemplo, en forma de un programa informático, que se ejecuta en una red inalámbrica. El dispositivo 200 de transceptor de radio hace que el dispositivo 200 de transceptor de radio inalámbrico realice el método.

Las figuras 3 y 4 son diagramas de flujo que ilustran modalidades de métodos para configurar ajustes de conformación de haz. Los métodos son realizados por el dispositivo transceptor de radio inalámbrico 200. Los métodos se proporcionan ventajosamente como programas informáticos 1020.

Ahora se hace referencia a la Fig. 3 que ilustra un método para configurar los ajustes de conformación de haz realizado por el dispositivo de transceptor de radio inalámbrico 200 de acuerdo con una modalidad. Como se describió anteriormente, el dispositivo de transceptor de radio inalámbrico 200 está configurado para comunicarse en los haces direccionales 110a, 110b, 120a, 120b.

S102: El dispositivo de transceptor de radio inalámbrico 200 obtiene una indicación de rendimiento que requiere la configuración de los ajustes de haz del dispositivo de transceptor de radio inalámbrico 200. Los ejemplos de indicaciones de rendimiento se darán a conocer a continuación.

Mediante la recopilación de estadísticas de señales recibidas durante, por ejemplo, el modo activo y/o el modo inactivo para el dispositivo de transceptor

de radio inalámbrico 200, se puede determinar una medida de similitud entre los precodificadores analógicos AP1, AP2 aplicados a los diferentes conformadores de haz analógicos 150a, 150b. La medida de similitud a utilizar depende del tipo de indicación de rendimiento obtenida en el paso S102. Por lo tanto, el dispositivo de transceptor de radio inalámbrico 200 está configurado para el paso S104:

S104: El dispositivo de transceptor de radio inalámbrico 200 selecciona un objetivo de medida de similitud en función del tipo de indicación de rendimiento que se obtuvo.

El dispositivo de transceptor de radio inalámbrico 200 utiliza un resultado de un procedimiento de medición de similitud que se aplica a pares de señales recibidas para determinar el orden en el cual los haces direccionales 110a, 110b, 120a, 120b deben evaluarse al configurar los ajustes de conformación de haz. Por lo tanto, el dispositivo de transceptor de radio inalámbrico 200 está configurado para el paso S106:

S106: El dispositivo de transceptor de radio inalámbrico 200 determina, basándose en el objetivo de medición de la similitud y en los resultados de un procedimiento de medición de la similitud aplicado a los pares de señales recibidas, un orden para evaluar los haces direccionales 110a, 110b, 120a, 120b cuando se configuran los ajustes de formación de haces. Los ejemplos de cómo se puede usar el objetivo de la medida de similitud y los resultados del procedimiento de medida de similitud para determinar el orden se revelarán a continuación.

A este respecto, no todos los haces direccionales 110a, 110b, 120a, 120b deben evaluarse al configurar los ajustes de conformación del haz.

Refiriéndonos nuevamente al ejemplo ilustrativo de la Fig. 2, el haz direccional 110b (es decir, cuando se usa el precodificador AP2 para el formador de haz superior 150a) apunta (sustancialmente) en la misma dirección que el haz direccional 120a (es decir, cuando se usa AP1 para el formador de haz inferior

150b). Por lo tanto, por ejemplo, cuando se recopilan estadísticas de valores medidos de intensidad de señal recibida durante largos periodos de tiempo, la similitud de la intensidad de señal resultante de aplicar el procedimiento de medida de similitud al par de señales recibidas utilizando el haz direccional 110b y el haz direccional 120a será comparativamente alta. Supongamos además que el dispositivo de transceptor de radio inalámbrico 200 está a punto de perder cobertura y que, por lo tanto, el nodo de acceso 300 inicia un procedimiento de búsqueda de haz. En este caso, sería por lo tanto ventajoso que el dispositivo de transceptor de radio inalámbrico 200 inicialmente en el procedimiento de búsqueda de haz no utilice una combinación de formadores de haz 150a, 150b y precodificadores AP1, AP2 donde AP2 se aplica en el formador de haz superior 150a y AP1 se aplica en el formador de haz inferior 150b, ya que es probable que esta combinación dé como resultado una alta similitud de señal. De hecho, podría ser suficiente que el dispositivo de transceptor de radio inalámbrico 200 pruebe el AP2 aplicado para el formador de haz superior 150a o el AP1 aplicado para el formador de haz inferior 150b, pero no ambos, porque si AP2 aplicado para el formador de haz superior 150a no cede una intensidad de señal recibida aceptable, sin duda ninguna de las AP1 aplicadas para el conformador de haz inferior 150b dará una intensidad de señal recibida aceptable. En su lugar, en este caso, podría ser más ventajoso para el dispositivo de transceptor de radio inalámbrico 200 evaluar precodificadores con baja similitud de señal para encontrar lo más rápidamente posible un haz direccional adecuado, o una combinación de haces direccionales.

Puede haber diferentes ejemplos de señales recibidas para el procedimiento de medida de similitud que se aplicará. En términos generales, las señales recibidas pueden ser señales de referencia (como señales de referencia de información de estado de canal (CSI-RS) o señales de sincronización) o señales de datos. Las señales recibidas podrían ser, por lo tanto, cualquier señal recibida por el dispositivo de transceptor de radio inalámbrico 200 desde el nodo de acceso 300 y, por lo tanto, no se necesitan señales de referencia

especiales dedicadas particularmente para el procedimiento de medición de similitud.

Ahora se divulgarán modalidades relacionadas con detalles adicionales de la configuración de los ajustes de conformación de haz realizados por el dispositivo de transceptor de radio inalámbrico 200.

Ahora se hace referencia a la Fig. 4 que ilustra los métodos para configurar los ajustes de conformación de haz realizados por el dispositivo 200 de transceptor de radio inalámbrico de acuerdo con otras modalidades. Se supone que los pasos S102, S104, S106 se realizan como se describió anteriormente con referencia a la Fig. 3 y, por lo tanto, se omite su descripción repetida.

Una vez que el dispositivo de transceptor de radio inalámbrico 200 ha determinado el orden en el cual evaluar los haces direccionales 110a, 110b, 120a, 120b cuando se configuran los ajustes de formación de haz, el dispositivo de transceptor de radio inalámbrico 200 podría realizar la evaluación. Por lo tanto, de acuerdo con una modalidad, el dispositivo transceptor de radio inalámbrico 200 está configurado para realizar el paso S108:

S108: El dispositivo de transceptor de radio inalámbrico 200 evalúa los haces direccionales 110a, 110b, 120a, 120b de acuerdo con el orden determinado (es decir, el orden determinado en la etapa S106).

Debe entenderse que los precodificadores respectivos AP1, AP2 deben usarse para evaluar los haces direccionales 110a, 110b, 120a, 120b. Por lo tanto, a este respecto, evaluar los haces direccionales 110a, 110b, 120a, 120b es equivalente a evaluar los precodificadores AP1, AP2 por conformador de haz 150a, 150b.

Podría haber diferentes formas para que el dispositivo de transceptor de radio inalámbrico 200 cambie la configuración del haz. De acuerdo con algunos aspectos, los recursos de procesamiento de señal disponibles en el dispositivo de radio-transmisor 200 se reasignan durante la evaluación de los haces direccionales 110a, 110b, 120a, 120b en el paso S108. Por lo tanto, según una

modalidad, el dispositivo de transceptor de radio 200a comprende recursos de procesamiento de señal, y está configurado para realizar la evaluación de los haces direccionales 110a, 110b, 120a, 120b realizando la etapa S108a:

S108a: El dispositivo de transceptor de radio 200a vuelve a mapear los recursos de procesamiento de señal de un puerto de haz a otro puerto de haz de acuerdo con el orden determinado en el que se deben evaluar los haces direccionales 110a, 110b, 120a, 120b.

Puede haber diferentes pares de señales recibidas a las que se aplica el procedimiento de medida de similitud.

En algunos aspectos, el procedimiento de medición de similitud se aplica a pares de señales recibidas utilizando formadores de haz mutuamente diferentes 150a, 150b. Por lo tanto, de acuerdo con una modalidad, el dispositivo de transceptor de radio 200 comprende al menos dos cadenas de receptor 130a, 130b, y los pares de señales se reciben desde cadenas mutuamente diferentes de al menos dos cadenas de receptor 130a, 130b. Por lo tanto, se puede determinar la correlación entre las señales de diferentes formadores de haz 150a, 150b, pero el mismo precodificador AP1, AP2.

En algunos aspectos, el procedimiento de medición de similitud se aplica a pares de señales recibidas utilizando el mismo conformador de haz 150a, 150b. Por lo tanto, de acuerdo con una modalidad, el dispositivo de transceptor de radio 200 comprende al menos una cadena de receptor 130a, 130b, y los pares de señales se reciben desde la misma cadena de receptor 130a, 130b. De este modo, se puede determinar la correlación entre las señales del mismo formador de haz 150a, 150b, pero diferentes precodificadores AP1, AP2.

Además, el procedimiento de medida de similitud se podría aplicar tanto a pares de señales recibidas utilizando formadores de haz mutuamente diferentes 150a, 150b como a pares de señales recibidas utilizando el mismo conformador de haz 150a, 150b. Como se describirá adicionalmente a continuación, se podría preferir así determinar una medida de similitud tanto

entre los precodificadores analógicos AP1, AP2 aplicados a diferentes formadores de haz analógicos 150a, 150b como entre los precodificadores analógicos AP1, AP2 aplicados al mismo formador de haz analógico 150a, 150b.

Podría haber diferentes formas para que el dispositivo de radio transmisor 200 determine si se deben usar pares de señales recibidas de la misma cadena de receptores 130a, 130b. En algunos aspectos, las señales recibidas por el mismo generador de haz analógico 150a, 150b solo se consideran si las señales se reciben dentro del tiempo de coherencia del canal de propagación de radio en el que se reciben las señales. Por lo tanto, según una modalidad, las señales se reciben en un canal de radio que tiene un tiempo de coherencia, y las señales de cada par de señales (que se reciben desde la misma cadena de receptor 130a, 130b) se reciben dentro del tiempo de coherencia.

Podría haber diferentes formas para que el dispositivo de radio-transceptor 200 determine la medida de similitud de un par de señales recibidas desde la misma cadena de receptores 130a, 130b. En algunos aspectos, la medida de similitud entre los precodificadores AP1, AP2 del mismo conformador de haz analógico 150a, 150b se encuentra comparando la medida de similitud con los precodificadores AP1, AP2 de otro formador de haz 150a, 150b. Por tanto, de acuerdo con una modalidad del dispositivo transceptor de radio 200 que comprende al menos dos cadenas receptoras 130a, 130b, y la medida de similitud de un par de señales recibidas de las mismas de las al menos dos cadenas receptoras 130a, 130b se basa en la medida de similitud entre cada una de las señales en el par de señales con la misma señal de otra de las al menos dos cadenas receptoras 130a, 130b. Esta modalidad puede ser aplicable para medidas de similitud basadas en la intensidad de la señal, pero no en medidas de similitud de valores complejos.

Puede haber diferentes ejemplos de medidas de similitud. Según una modalidad, el procedimiento de medida de similitud determina la correlación entre los pares de señales recibidas.

Como se indicó anteriormente, la medida de similitud podría estar relacionada con la similitud de la intensidad de la señal. En términos generales, la medida de similitud podría estar relacionada con la similitud de intensidad de la señal (considerando solo la amplitud/envolvente de las señales recibidas) o la similitud de valores complejos (considerando tanto la fase como la amplitud/envolvente de las señales recibidas). Es decir, según una primera modalidad, el procedimiento de medición de similitud se evalúa en términos de similitud de intensidad de señal entre los pares de señales recibidas. Es decir, según una segunda modalidad, el procedimiento de medida de similitud se evalúa en términos de similitud de valores complejos entre los pares de señales recibidas.

Puede haber diferentes ejemplos de objetivos de medida de similitud para seleccionar en el paso S104. Un primer objetivo de medida de similitud es que el resultado del procedimiento de medida de similitud que se aplica a pares de señales recibidas debe ser lo más alto posible. Según una modalidad, el objetivo de la medida de similitud es evaluar los haces direccionales 110a, 110b, 120a, 120b según los resultados de la medida de similitud descendente. Es decir, el orden determinado en el paso S106 ordena los haces direccionales 110a, 110b, 120a, 120b de los resultados de mayor a menor medida. Usando este objetivo de medida de similitud, los haces direccionales 110a, 110b, 120a, 120b podrían evaluarse en el paso S108 de acuerdo con los resultados de la medida de similitud descendente.

Un segundo objetivo de la medida de similitud es que el resultado del procedimiento de la medida de similitud que se aplica a los pares de señales recibidas sea lo más bajo posible. Según una modalidad, el objetivo de la medida de similitud es evaluar los haces direccionales 110a, 110b, 120a, 120b según los resultados de la medida de similitud ascendente. Es decir, el orden determinado en el paso S106 ordena los haces direccionales 110a, 110b, 120a, 120b desde el resultado de la medida de similitud más baja a la más alta.

Utilizando este objetivo de medición de la similitud, los haces direccionales 110a, 110b, 120a, 120b pueden ser evaluados en el paso S108 de acuerdo con los resultados ascendentes de la medición de la similitud. Por ejemplo, una vez que se hayan probado los dos primeros haces direccionales que tienen el resultado de medida de similitud más bajo, el siguiente haz direccional que se probará podría ser el de los haces direccionales restantes que tienen el resultado de medida de similitud más bajo que los haces direccionales ya probados, y así sucesivamente.

Es posible que haya diferentes indicaciones de rendimiento para que el dispositivo transceptor de radio inalámbrico 200 las obtenga en el paso S102.

Según una modalidad, la indicación de rendimiento se refiere a la cobertura de red del dispositivo 200 de transceptor de radio inalámbrico. El objetivo de la medida de similitud podría ser abarcar el mayor espacio angular posible al evaluar los haces direccionales 110a, 110b, 120a, 120b. Por lo tanto, el orden en el paso S106 se determina de tal manera que la mayor parte posible del espacio angular se extienda utilizando la menor cantidad de haces direccionales 110a, 110b, 120a, 120b que sea posible. Además, el procedimiento de medición de similitud se puede evaluar en términos de la similitud de la intensidad de la señal de las señales recibidas. Es decir, el procedimiento de medición de similitud podría determinarse en términos de similitud de intensidad de señal cuando la indicación de rendimiento se refiere a la cobertura de red y el objetivo de medición de similitud es abarcar el mayor espacio angular posible.

Según una modalidad la indicación de rendimiento pertenece a la tasa de bits del dispositivo de radiotransmisión inalámbrico 200. El objetivo de la medida de la similitud podría ser entonces utilizar el rango más alto posible al evaluar los haces direccionales 110a, 110b, 120a, 120b. Por lo tanto, el orden en el paso S106 se determina entonces de modo que se pueda utilizar un rango tan alto como sea posible utilizando el menor número de haces direccionales 110a, 110b, 120a, 120b que sea posible.

Es decir, de acuerdo con una primera modalidad, el procedimiento de medida de similitud se evalúa en términos de la intensidad de la señal de similitud de las señales recibidas y el objetivo de la medida de similitud es evaluar los haces direccionales 110a, 110b, 120a, 120b según la medida de similitud descendente cuando la indicación de rendimiento se refiere a la tasa de bits y cuando el objetivo de la medida de similitud es utilizar el rango más alto posible. Un ejemplo para determinar la similitud de la intensidad de la señal es evaluar la correlación de la intensidad de la señal recibida en un determinado ancho de banda.

Además, de acuerdo con una segunda modalidad, el procedimiento de medida de similitud se evalúa en términos de similitud de valores complejos de las señales recibidas y el objetivo de medida de similitud es evaluar los haces direccionales 110a, 110b, 120a, 120b de acuerdo con la medida de similitud ascendente cuando el rendimiento de la indicación se refiere a la tasa de bits y cuando el objetivo de la medida de similitud es utilizar el rango más alto posible.

Si el objetivo de la medida de similitud es utilizar el rango más alto posible, los pares de haces direccionales deberían tener la mayor similitud de señal posible y la similitud de valores complejos lo más baja posible. Es decir, si el objetivo de la medida de similitud es utilizar el rango más alto posible, los haces direccionales 110a, 110b, 120a, 120b podrían evaluarse de acuerdo con una función conjunta de similitud de señal descendente y similitud ascendente de valor complejo.

Como se ha indicado anteriormente, podría ser preferible determinar una medida de similitud tanto entre los precodificadores analógicos AP1, AP2 aplicados a diferentes formadores de haz analógicos 150a, 150b como entre los precodificadores analógicos AP1, AP2 aplicados al mismo formador de haz analógico 150a, 150b. Esto implica que podría ser ventajoso medir la correlación de las señales recibidas para todas las diferentes combinaciones de conformadores de haz

analógicos 150a, 150b y precodificadores analógicos AP1, AP2. Una razón para esto es que dos o más precodificadores analógicos AP1, AP2 aplicados al mismo conformador de haz analógico 150a, 150b podrían resultar en una gran correlación de las señales recibidas, y, por lo tanto, podría ser suficiente usar solo uno de estos conformadores de haz analógico altamente correlacionados 150a, 150b durante un procedimiento de hallazgo del haz. La estimación de la correlación entre las señales recibidas utilizando diferentes precodificadores AP1, AP2 de diferentes formadores de haz analógico 150a, 150b podría lograrse midiendo, por ejemplo, la intensidad de la señal en cada cadena de receptor respectiva 130a, 130b simultáneamente durante el funcionamiento normal del dispositivo de radio transceptor inalámbrico 200.

En términos generales, solo se puede usar un precodificador analógico AP1, AP2 a la vez para cada conformador de haz analógico 150a, 150b, y cuando el dispositivo transceptor de radio inalámbrico 200 cambia el precodificador analógico AP1, AP2, el canal de propagación de radio (excluyendo los diagramas de antena) puede cambiar también. Por lo tanto, podría preferirse considerar el tiempo de coherencia del canal de propagación de radio cuando se determina la correlación entre las señales recibidas utilizando diferentes precodificadores analógicos AP1, AP2 del mismo conformador de haz analógico 150a, 150b. Sin embargo, para la correlación de la intensidad de la señal recibida, la correlación entre los precodificadores analógicos AP1, AP2 del mismo conformador de haz analógico 150a, 150b también se puede encontrar al comparar la correlación con los precodificadores analógicos AP1, AP2 de otro conformador de haz analógico 150a, 150b. Por ejemplo, suponga que AP1 y AP2 para el formador de haz analógico 150b tiene una alta correlación con AP2 del formador de haz analógico 150a, entonces se puede suponer que AP1 y AP2 del formador de haz analógico 150b también tienen una fuerte correlación.

Es decir, en caso de que la indicación de rendimiento se refiera a aumentar la cobertura de la red, deben usarse primero los haces direccionales 110a, 110b, 120a, 120b con baja correlación de intensidad de señal entre ellos para abarcar

el espacio angular lo más rápidamente posible. Si la correlación de intensidad de la señal es muy alta entre dos combinaciones diferentes de los precodificadores analógicos AP1, AP2 y los conformadores de haz analógicos 150a, 150b, podría ser suficiente usar solo una de las combinaciones durante el procedimiento de búsqueda del haz.

Además, en caso de que la indicación de rendimiento se refiera al aumento de la tasa de bits (debido al bajo rango en el canal), se podría preferir priorizar la evaluación de los precodificadores analógicos AP1, AP2 que tienen una baja correlación de valores complejos mientras que aún tienen una fuerte correlación de la señal para facilitar la multiplexación espacial.

La Fig. 5 es un diagrama de flujo de una modalidad particular para configurar los ajustes de formación de haz, el método se realiza mediante un dispositivo de transceptor de radio inalámbrico 200 de acuerdo con al menos algunas de las modalidades descritas anteriormente.

S201: El dispositivo de transceptor de radio inalámbrico 200 recopila estadísticas de las señales recibidas durante el modo activo y/o el modo inactivo para diferentes combinaciones de precodificadores analógicos AP1, AP2 y conformadores de haz analógicos 150a, 150b.

S202: El dispositivo de transceptor de radio inalámbrico 200 utiliza las estadísticas de recopilación para determinar un valor de medida de similitud (como la correlación de intensidad de señal o correlación de valores complejos) de las señales recibidas entre las diferentes combinaciones de precodificadores analógicos AP1, AP2 y conformadores de haz analógicos 150a, 150b.

S203: El dispositivo de transceptor de radio inalámbrico 200 utiliza el valor de la medida de similitud para determinar qué combinaciones de precodificadores analógicos AP1, AP2 y conformadores de haz analógicos 150a, 150b deben incluirse en un procedimiento de entrenamiento de haz y en qué orden las combinaciones de precodificadores analógicos AP1, AP2 y los

conformadores de haz analógicos 150a, 150b deben usarse en un procedimiento de búsqueda de haz.

La figura 6 ilustra esquemáticamente, en términos de una serie de unidades funcionales, los componentes de un dispositivo de transceptor de radio inalámbrico 200 de acuerdo con una modalidad. Los circuitos de procesamiento 210 se suministran utilizando cualquier combinación de una o más de una unidad central de procesamiento (CPU), multiprocesador, microcontrolador, procesador digital de señales (DSP), etc., capaz de ejecutar instrucciones de software almacenadas en un programa de ordenador del producto 1010 (como en la Fig. 10), por ejemplo, en forma de un medio de almacenamiento 230. La circuitería de procesamiento 210 puede proporcionarse además como al menos un circuito integrado específico de aplicación (ASIC), o una matriz de puerta programable de campo (FPGA).

Particularmente, la circuitería de procesamiento 210 está configurada para hacer que el dispositivo de transceptor de radio inalámbrico 200 realice un conjunto de operaciones o pasos, S102-S108a, S201-S203, como se describió 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 que el dispositivo transceptor de radio inalámbrico 200 realice el conjunto de operaciones. El conjunto de operaciones puede proporcionarse como un conjunto de instrucciones ejecutables.

Por lo tanto, los circuitos de procesamiento 210 están dispuestos de este modo para ejecutar los métodos descritos en este documento. El medio de almacenamiento 230 también puede comprender un almacenamiento persistente, que, por ejemplo, puede ser cualquiera o una combinación de memoria magnética, memoria óptica, memoria de estado sólido o incluso memoria montada de forma remota. El dispositivo de transceptor de radio

inalámbrico 200 puede comprender además una interfaz de comunicaciones 220 al menos configurada para comunicaciones con el nodo de acceso 300. Como tal, la interfaz de comunicaciones 220 puede comprender uno o más transmisores y receptores, que comprenden componentes analógicos y digitales. El circuito de procesamiento 210 controla el funcionamiento general del aparato radiotransmisor inalámbrico 200, por ejemplo, enviando datos y señales de control a la interfaz de comunicación 220 y al medio de almacenamiento 230, recibiendo datos e informes de la interfaz de comunicación 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 inalámbrico 200 para no obscurecer los conceptos presentados en este documento.

La Fig. 7 ilustra esquemáticamente, en términos de un número de módulos funcionales, los componentes de un dispositivo transceptor de radio inalámbrico 200 de acuerdo con una modalidad.
El dispositivo de transceptor de radio inalámbrico 200 de la figura 7 comprende una serie de módulos funcionales; un módulo de determinación 210a configurado para realizar el paso S102, un módulo de selección 210b configurado para realizar el paso S104 y un módulo de determinación 210c configurado para realizar el paso S106. El dispositivo 200 de transceptor de radio inalámbrico de la figura 7 puede comprender además una serie de módulos funcionales opcionales, como cualquiera de un módulo de evaluación 210d configurado para realizar el paso S108, y un módulo de remapeo 210e configurado para realizar el paso S108a.

En términos generales, cada módulo funcional 210a-210e puede ser implementado en una modalidad sólo en hardware y en otra modalidad con la ayuda de software, es decir, esta última modalidad tiene instrucciones de programa de ordenador almacenadas en el medio de almacenamiento que, cuando se ejecuta en el circuito de procesamiento, hace que el dispositivo transceptor de radio inalámbrico 200 realice los pasos correspondientes

mencionados anteriormente en conjunción con la Fig. 7. También debe mencionarse que aunque los módulos se corresponden con partes de un programa de computadora, no es necesario que sean módulos separados en sí, sino la forma en que se implementan en el software depende del lenguaje de programación utilizado. Preferiblemente, uno o más o todos los módulos funcionales 210a-210e pueden ser implementados por el circuito de procesamiento 210, posiblemente en cooperación con la interfaz de comunicaciones 220 y/o el medio de almacenamiento 230. La circuitería de procesamiento 210 se puede configurar así para que desde el medio de almacenamiento 230 extraiga las instrucciones proporcionadas por un módulo funcional 210a-210e y ejecute estas instrucciones, realizando de este modo los pasos descritos en este documento.

El dispositivo de transceptor de radio 200 puede proporcionarse como un dispositivo independiente o como parte de al menos un dispositivo adicional. Por ejemplo, el dispositivo de transceptor de radio 200 puede implementarse, ser parte de, o estar ubicado junto a, un nodo de acceso 800 (como en la Fig. 8) o un dispositivo inalámbrico 900 (como en la Fig. 9). Por lo tanto, según algunos aspectos, se proporciona un nodo de acceso 800 y/o un dispositivo inalámbrico 900 que comprende un dispositivo de transceptor de radio 200 como se describe en este documento.

Además, una primera parte de las instrucciones realizadas por el dispositivo de radio transceptor 200 puede ejecutarse en un primer dispositivo, y una segunda parte de las instrucciones realizadas por el dispositivo de radio transceptor 200 puede ejecutarse en un segundo dispositivo; las modalidades aquí descritas no se limitan a ningún número particular de dispositivos en los que se puedan ejecutar las instrucciones realizadas por el dispositivo de radio transceptor 200. Por lo tanto, los métodos de acuerdo con las modalidades descritas en este documento son adecuados para ser realizados por un dispositivo de transceptor de radio 200 que reside en un entorno computacional en la nube. Por lo tanto, aunque en la Fig. 6 se ilustra un solo circuito de procesamiento 210, el circuito de procesamiento 210 se puede

distribuir entre una pluralidad de dispositivos, o nodos. Lo mismo se aplica a los módulos funcionales 210a-210e de la Fig. 7 y al programa de computadora 1020 de la Fig. 10 (ver más abajo).

La Fig. 10 muestra un ejemplo de un producto de programa de ordenador 1010 que incluye un soporte de almacenamiento legible por ordenador 1030. En este medio de almacenamiento legible por ordenador 1030, un programa de ordenador 1020 puede ser almacenado, dicho programa de ordenador 1020 puede causar que los circuitos de procesamiento 210 y entidades y dispositivos operativamente acoplados, como el interfaz de comunicaciones 220 y el medio de almacenamiento 230, ejecuten métodos según modalidades descritas aquí. El programa informático 1020 y/o el producto de programa informático 1010 pueden, por lo tanto, proporcionar medios para realizar cualquier paso aquí descrito.

En el ejemplo de la figura 10, el producto de programa informático 1010 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 1010 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 borrable (EPROM), o una memoria de lectura programable borrable eléctricamente (EEPROM) y, más particularmente, como 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. De este modo, mientras el programa informático 1020 se muestra aquí esquemáticamente como una pista en el disco óptico representado, el programa informático 1020 puede almacenarse de cualquier manera que sea adecuado para el producto de programa informático 1010.

El concepto inventivo ha sido principalmente descrito arriba con referencia a unas cuantas modalidades. Sin embargo, como apreciarán fácilmente los expertos en la materia, otras

formas de modalidades distintas de las descritas anteriormente son igualmente posibles dentro del alcance del concepto inventivo, tal como se define en las reivindicaciones de patente adjuntas.