

P-41628

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO

DIRECCIÓN DE NUEVAS CREACIONES

E. S. D.

Re: Expediente No. **NC2022/0000068**Solicitud de patente a nombre de **TELEFONAKTIEBOLAGET LM ERICSSON (PUBL)**

Yo, CAROLINA DAZA MONTALVO identificada como aparece al pie de mi firma, domiciliada en la Carrera 11 No. 86-53, obrando como apoderada de la sociedad TELEFONAKTIEBOLAGET LM ERICSSON (PUBL), domiciliada en Estocolmo, Suecia, solicitante de la patente de la referencia, en respuesta al oficio No. **20633** notificado electrónicamente el 26 de noviembre de 2024, relacionado con el concepto técnico de fondo, atentamente me permito manifestar:

1. Del carácter público de la invención

Haciendo referencia a la objeción con respecto a que el capítulo descriptivo y reivindicatorio allegados a trámite contienen la marca de agua "Confidencial".

Frente a lo anterior, me permito señalar que junto con este memorial se allega un nuevo capítulo descriptivo y reivindicatorio sin la inclusión de la marca de agua "Confidencial", los cuales reemplazan completamente los presentados anteriormente para dar cumplimiento con lo establecido por el artículo 40 de la Decisión 486 de 2000. Por tal motivo, se solicita respetuosamente que esta objeción se tenga por superada.

2. Modificaciones a las Reivindicaciones

Con fundamento en la facultad que confiere el artículo 34 de la Decisión 486 al solicitante para modificar la solicitud de patente en cualquier momento del trámite, presento junto con este memorial nuevo capítulo reivindicatorio, el cual consta de quince (15) reivindicaciones y reemplaza completamente el capítulo presentado

anteriormente. En el nuevo capítulo reivindicatorio se realizaron las siguientes modificaciones:

- La reivindicación 1 se ha modificado para ahora recitar en parte: "(...) *una pluralidad de haces de radio de transmisión o recepción*" y "(...) en donde la indicación indica un nodo de red de LC inalámbrica con el cual el dispositivo inalámbrico tiene una conexión de LC inalámbrica, y en donde la conexión LC inalámbrica indica que el dispositivo inalámbrico está ubicado dentro de un área de cobertura del nodo de red de LC inalámbrica". El debido soporte para estas enmiendas se encuentra al menos en las antiguas reivindicaciones 1 y 5; en la página 6, líneas 5 a 10; página 12, líneas 6 a 9; página 17 línea 22 a la página 18 línea 2; página 16 líneas 19 a 21 y en la página 21 línea 21 a la página 22 línea 5 de la descripción original presentada.
- Las reivindicaciones 14 y 15 se han modificado de forma similar a la reivindicación 1.
- Se han eliminado las antiguas reivindicaciones 16 a 27.
- Se han reenumerado las reivindicaciones y sus dependencias de acuerdo con los anteriores cambios.
- En el nuevo capítulo reivindicatorio se ha eliminado la marca de agua "Confidencial".

En cuanto a estas modificaciones, me permito decir que las mismas no amplían de ninguna manera la materia objeto de la presente solicitud y se realizaron con el ánimo de superar las objeciones de patentabilidad planteadas por el examinador en su concepto técnico.

3. Pago de tasas

En primer lugar, teniendo en cuenta que se presenta un nuevo capítulo reivindicatorio, me permito adjuntar recibo por concepto de pago de tasa de modificación a la solicitud, según lo establecido en la **Resolución No. 59669 de 2020**.

Por otra parte, en relación con el número de reivindicaciones, atentamente me permito decir que no se adjunta pago de tasa por concepto de reivindicaciones adicionales, toda vez que el nuevo capítulo reivindicatorio presenta un menor número de reivindicaciones que el presentado anteriormente.

4. Nivel inventivo

El examinador establece en su concepto técnico la falta de nivel inventivo de las antiguas reivindicaciones 1 a 27 a la luz de la combinación de las enseñanzas técnicas descritas en los documentos D1 (US20160149302) y D2 (US20170132852).

A este respecto, me permito decir que el artículo 18 de la Decisión 486 de la Comisión de la Comunidad Andina establece que *"Se considerará que una invención tiene nivel inventivo, si para una persona del oficio normalmente versada en la materia técnica correspondiente, esa invención no hubiese resultado obvia ni se hubiese derivado de manera evidente del estado de la técnica"*.

Con respecto a lo anterior, me permito resaltar las disposiciones del artículo 18 de la Decisión 486 de la Comisión de la Comunidad Andina, que establecen que *"se considerará que la invención tiene nivel inventivo, si para una persona del oficio normalmente versada en la materia técnica correspondiente, esa invención no hubiese resultado obvia ni se hubiese derivado de manera evidente del estado de la técnica"*.

Lo anterior significa que el análisis de nivel inventivo **NO** es una comparación de los objetos de las anterioridades y la solicitud en estudio. Por el contrario, el análisis de nivel inventivo **debe demostrar** la obviedad de la invención y establecer cómo ésta **no** contiene un salto cualitativo, que demuestre su altura inventiva, teniendo en cuenta que se hace **necesario demostrar** que la invención analizada carece de nivel inventivo y hubiese sido obvia para una persona versada en la materia.

Ahora bien, dichas condiciones no se cumplen para el caso en cuestión, pues, tal como se mostrará más adelante, las características técnicas mencionadas en las nuevas reivindicaciones no pueden derivarse de manera obvia o evidente a partir de las enseñanzas del estado de la técnica representadas en los documentos D1 y D2, y, por lo tanto, la materia reclamada es inventiva a la luz del arte previo.

En primer lugar, el solicitante desea llamar la atención al examinador sobre la materia objeto de la reivindicación 1, la cual se refiere a un método realizado por un nodo de una red de comunicación inalámbrica. La red de comunicación inalámbrica comprende un dispositivo inalámbrico, un nodo de red de acceso por radio (RAN) y uno o más nodos de red de comunicación por luz inalámbrica (LC). Al menos uno del dispositivo inalámbrico y el nodo RAN comprende una pluralidad de elementos de antena configurables para proporcionar una pluralidad de haces de radio de transmisión o recepción (Tx/Rx) para la comunicación con el otro del dispositivo inalámbrico y el nodo RAN.

El método comprende: obtener una indicación, la indicación indica un nodo de red LC inalámbrica con el que el dispositivo inalámbrico tiene una conexión LC inalámbrica. La conexión LC inalámbrica indica que el dispositivo inalámbrico está ubicado dentro de un área de cobertura del nodo de red LC inalámbrica. El experto en la materia apreciará que el área de cobertura de un nodo de red LC inalámbrica es más pequeña en comparación con las áreas de cobertura de los nodos RAN, debido a las diferencias de propagación entre las señales de luz y las señales de radio.

De este modo, al obtener la indicación, el nodo puede obtener la ubicación aproximada del dispositivo inalámbrico con un alto grado de precisión (es decir, se encuentra dentro del área de cobertura (relativamente) pequeña del nodo de red LC inalámbrica indicado).

El método comprende además obtener una o más métricas de señal para uno o más de la pluralidad de haces de radio Tx/Rx. Los uno o más haces de radio Tx/Rx se dirigen hacia (o se dirigen para recibir transmisiones desde) el área de cobertura del nodo de red LC inalámbrica indicado. Con base en una comparación entre las métricas de señal y un primer umbral, el nodo determina si uno o más de los haces de radio Tx/Rx corresponden a una línea de visión (LOS) entre el nodo RAN y el dispositivo inalámbrico.

Como tal, cuando se debe determinar una LOS entre el nodo RAN y el dispositivo inalámbrico, solo se deben evaluar aquellos haces que se dirigen hacia el área de cobertura del nodo de red LC inalámbrica. Otros haces no pueden corresponder a LOS. De este modo, el nodo puede obtener una o más métricas sólo para los haces de interés, es decir, uno o más haces de radio Tx/Rx que se dirigen hacia o están dirigidos a recibir transmisiones desde el área de cobertura del nodo de red LC inalámbrica indicado.

De este modo, el método de la reivindicación 1 permite conservar los recursos de la red.

El documento D1 divulga técnicas para determinar si los dispositivos inalámbricos tienen una línea de visión (LOS) con un transmisor utilizando ganancia y/o fase relativa de señales de entrenamiento transmitidas desde antenas con diferentes polarizaciones, por ejemplo, horizontal y vertical (Ver el párrafo [0054] de D1). En el caso de una trayectoria LOS, las antenas polarizadas vertical y horizontalmente deben exhibir una pérdida de trayectoria sustancialmente idéntica a partir de varias condiciones ambientales (Ver el párrafo [0061] de D1).

Como se explica en el párrafo [0063] de D1, el transmisor envía señales de entrenamiento correspondientes a cada una de las polarizaciones horizontal y vertical, una a la vez, en una dirección dada. Un receptor recibe las transmisiones a través de antenas polarizadas horizontal y verticalmente. Un parámetro basado en una diferencia o relación medida entre las señales recibidas por las antenas se compara con un umbral de parámetro para indicar si existe una conexión LOS entre el receptor y el transmisor (Ver los párrafos [0062]-[0066] de D1).

Por ejemplo, como se describe en los párrafos [0056]-[0058] de D1, un dispositivo inalámbrico que detecta una LOS utilizando los principios anteriores puede realizar los siguientes pasos:

- obtener, a través de al menos una primera y una segunda antenas receptoras que tienen polarizaciones diferentes, una primera y una segunda señales de entrenamiento transmitidas desde un segundo aparato;
- determinar, en función de la primera y la segunda señales de entrenamiento, una o más características para diferentes pares de antenas de transmisión-recepción; y
- generar, en función de las características, un parámetro LOS indicativo de si una ruta de enlace entre el primer y el segundo aparato es LOS.

No se divulga en D1 ningún nodo de red LC inalámbrica con el que el dispositivo inalámbrico tiene una conexión LC inalámbrica. Tampoco se divulga en D1 ningún nodo que obtenga una indicación que indique un nodo de red LC inalámbrica con el que el dispositivo inalámbrico tiene una conexión LC inalámbrica. Y no se divulga ningún nodo que obtenga métricas de señal para haces de radio de transmisión o recepción dirigidos hacia el área de cobertura del nodo de red LC inalámbrica indicado.

Por lo tanto, la reivindicación 1 es inventiva con respecto a D1.

El documento D2 divulga un método para transferir datos a alta velocidad entre un dispositivo de transmisión de datos 1 y un dispositivo de recepción de datos 2 a través de una comunicación de ondas milimétricas (Ver los párrafos [0012] y [0087] de D2). El dispositivo de transmisión de datos 1 comprende un controlador de recepción de luz visible 17, una antena 14 y una cámara 11 (Ver los párrafos [0035], [0041] de D2). El dispositivo de recepción de datos 2 comprende un controlador de comunicación de ondas milimétricas 28, una antena 24 y una fuente de luz LED 21 (Ver los párrafos [0051], [0057] de D2).

El método comprende que el dispositivo de recepción de datos 2 haga que la fuente de luz LED 21 transmita datos de luz visible (Ver el paso S101, en el párrafo [0068] de D2). El controlador de recepción de luz visible 17 determina si se han recibido datos de luz visible a través de un sensor de imagen de la cámara 11 (Ver el párrafo [0071] de D2). En base a la determinación de si se han recibido datos de luz visible a través del sensor de imagen, el controlador de recepción de luz visible 17 determina si es posible la comunicación de ondas milimétricas entre el dispositivo de transmisión de datos 1 y el dispositivo de recepción de datos 2 (Ver el paso S103, en el párrafo [0070] de D2).

Por ejemplo, si el controlador de recepción de luz visible 17 determina que no se reciben datos de luz visible, se determina que al menos uno de un rango de transmisión B1 de datos de imagen en la antena 14 o un rango de recepción B2 de datos de imagen en la antena 24 está en un estado en el que no se obtiene una ruta LoS de comunicación de ondas milimétricas (Ver el párrafo [0073] de D2).

Contrariamente a la opinión del Examinador, no hay ninguna divulgación en ninguno de los pasos S101 o S103 discutidos anteriormente de un nodo que obtenga una indicación, en donde la indicación indica un nodo de red LC inalámbrica (por ejemplo, la fuente de luz LED 21) con el cual un dispositivo inalámbrico (por ejemplo, el dispositivo de transmisión de datos 1) tiene una conexión LC inalámbrica.

También observamos que el paso S103 no es una divulgación de un nodo que obtiene una o más métricas de señal para uno o más haces de radio Tx/Rx con el fin de determinar si un haz de radio Tx/Rx corresponde a una LOS entre un nodo RAN y un dispositivo inalámbrico. Es decir, el dispositivo de transmisión de datos 1 determina únicamente si se han recibido datos de luz visible con el fin de determinar si se ha

“obtenido” una ruta LoS de comunicación de ondas milimétricas. Los datos de luz visible no son una divulgación de haces de radio.

Además, D2 no divulga la característica de “obtener una o más métricas de señal para uno o más de la pluralidad de haces de radio de transmisión o recepción”. Respetuosamente, presentamos que, incluso si se toma uno de los dispositivos de recepción de datos y el dispositivo de transmisión de datos para obtener métricas de señal para haces de radio Tx/Rx utilizados para la comunicación de ondas milimétricas en D2, no está implícito que determinarían si uno o más de esos haces de radio Tx/Rx corresponden a una LOS entre el dispositivo de recepción de datos 2 y el dispositivo de transmisión de datos 1 basándose en una comparación entre la métrica de señal para el haz de radio Tx/Rx y un umbral.

Por al menos las razones anteriores, la reivindicación 1 es inventiva con respecto a D2.

Cuando se toma D1 como la técnica anterior más cercana, el método de la reivindicación 1 se distingue en que un nodo obtiene una indicación que indica un nodo de red LC inalámbrica con el que el dispositivo inalámbrico tiene una conexión LC inalámbrica. Por otro lado, en D1, simplemente se sabe que el dispositivo inalámbrico está ubicado dentro de un área de cobertura de un segundo aparato que transmite señales de radio.

Debido a las propiedades inherentes de los nodos de red LC inalámbrica y sus áreas de cobertura relativamente pequeñas, el nodo que obtiene la indicación anterior puede obtener la ubicación aproximada de un dispositivo inalámbrico con un mayor grado de precisión que si hubiera obtenido una indicación que indique un nodo RAN con el que el dispositivo inalámbrico tiene una conexión de radio.

Por lo tanto, como se discutió anteriormente, un nodo encargado de identificar una LOS entre el nodo RAN y el dispositivo inalámbrico puede obtener una o más métricas solo para los haces de interés (es decir, uno o más haces de radio Tx/Rx que se dirigen hacia (o se dirigen para recibir transmisiones desde) el área de cobertura del nodo de red LC inalámbrica indicado, donde se sabe que el dispositivo inalámbrico está ubicado con un alto grado de precisión). Esto permite conservar los recursos de la red.

El problema técnico objetivo puede, por lo tanto, enunciarse como: cómo conservar los recursos de la red cuando se emplea el método de D1.

La solución reivindicada no es obvia en vista de D1, incluso cuando se ve en combinación con D2.

En primer lugar, no existe ninguna enseñanza en D1 que indique que un nodo puede obtener la ubicación aproximada, con un alto grado de precisión, de un dispositivo inalámbrico haciendo que el nodo obtenga una indicación que indique un nodo de red LC inalámbrica con el que el dispositivo inalámbrico tiene una conexión LC inalámbrica.

Por lo tanto, el experto en la materia no está motivado para adaptar el método de D1 de manera que el dispositivo inalámbrico obtenga una indicación que indique un nodo de red LC inalámbrica con el que el dispositivo inalámbrico tiene una conexión LC inalámbrica, de manera que pueda obtener métricas de señal para haces de radio Tx/Rx dirigidos hacia (o dirigidos para recibir transmisiones desde) un área de cobertura del nodo de red LC inalámbrica indicado.

De manera similar, no hay motivación para la adaptación anterior basada en la divulgación de D2. Es decir, incluso si se toma D2 como una enseñanza del uso de una conexión LC inalámbrica entre una fuente de luz LED y un dispositivo de transmisión de datos, no hay divulgación en D2 de un nodo que obtenga una indicación que indique la fuente de luz LED con la que el dispositivo de transmisión de datos tiene una conexión LC inalámbrica, de manera que pueda obtener métricas de señal para haces de radio Tx/Rx dirigidos hacia (o dirigidos para recibir transmisiones desde) el área de cobertura de la fuente de luz LED indicada.

Cuando se toma D2 como la técnica anterior más cercana, el método de la reivindicación 1 se distingue en que la LOS entre un nodo RAN y un dispositivo inalámbrico se determina en función de una métrica de señal obtenida para un haz de radio Tx/Rx que es para la comunicación entre el dispositivo inalámbrico y el nodo RAN y está dirigido hacia (o dirigido para recibir transmisión desde) el área de cobertura de un nodo de red LC inalámbrica indicado.

Por lo tanto, no existe ningún requisito con el método de la reivindicación 1 de que el nodo de red LC inalámbrica y el nodo RAN estén ubicados juntos; incluso si el nodo de red LC inalámbrica y el nodo RAN están distribuidos, se sabe que los haces de radio Tx/Rx para los que se obtienen métricas están dirigidos hacia (o dirigidos a recibir transmisión desde) la ubicación aproximada de un dispositivo inalámbrico.

Por otra parte, el método en D2 supone que una LOS entre el dispositivo de transmisión de datos 1 y la fuente de luz LED 21 significa que hay una LOS entre el dispositivo de transmisión de datos 1 y el dispositivo de recepción de datos 2. Por lo tanto, el dispositivo de recepción de datos 2 y la fuente de luz LED 21 deben estar ubicados en el mismo lugar.

Por lo tanto, una red que emplea el método de la reivindicación 1 tiene una mayor flexibilidad en cuanto a la ubicación del nodo de red LC inalámbrica.

El problema técnico objetivo puede, por lo tanto, formularse como: cómo mejorar la flexibilidad de la red divulgada en D2.

La solución reivindicada no es obvia a la vista de D2, incluso cuando se ve en combinación con D1.

En primer lugar, como se discutió previamente, no hay ninguna enseñanza en D2 que indique que se debe obtener una métrica de señal para un haz de radio Tx/Rx dirigido hacia (o dirigido para recibir transmisión desde) el área de cobertura de una fuente de luz LED indicada, ni que el uso de esta métrica para la determinación de la LOS proporcionaría una mayor flexibilidad en cuanto a dónde se puede ubicar la fuente de luz LED.

Por lo tanto, no existe ninguna motivación para que el experto en la materia adapte el método de D2 de manera que el dispositivo de transmisión de datos obtenga una indicación que indique una fuente de luz LED con la que tiene una conexión LC inalámbrica, de manera que se pueda obtener una métrica de señal para un haz de radio Tx/Rx dirigido hacia (o dirigido para recibir transmisiones desde) el área de cobertura de la fuente de luz LED indicada.

De manera similar, no existe ninguna motivación para esta adaptación basada en la divulgación de D1. Es decir, incluso si se toma D1 como una enseñanza para el experto en la materia de que se puede utilizar una métrica de señal para un haz de radio Tx/Rx para determinar si existe una LOS, D1 no divulga que dicha métrica deba obtenerse para haces de radio Tx/Rx dirigidos hacia (o dirigidos para recibir transmisiones desde) el área de cobertura de un nodo de red LC inalámbrica indicado.

De hecho, el método de D1 no utiliza nodos de red LC inalámbrica como parte del proceso de determinación de LOS, lo que significa que no puede haber ninguna

sugerencia en D1 sobre cómo se pueden implementar de manera flexible dichos nodos en la red.

Por último, incluso si D1 motivara al experto en la materia a realizar la adaptación descrita anteriormente, la conexión de radio en D2 se establece solo después de que se haya determinado la LOS. Por lo tanto, el experto en la materia evitaría adaptar D2 de manera que un nodo obtenga una métrica de señal para un haz de radio Tx/Rx dirigido hacia (o dirigido a recibir transmisiones desde) un área de cobertura de una fuente de luz LED indicada para determinar si existe una LOS, ya que la existencia de dicho haz ya es una indicación de que existe la LOS.

Al menos por las razones anteriores, la reivindicación 1 posee nivel inventivo sobre D1 y D2. Las reivindicaciones restantes corresponden a la reivindicación 1 o dependen de ella y, por lo tanto, son inventivas por al menos las mismas razones.

Por lo tanto, es claro que las nuevas reivindicaciones 1 a 15 cumplen con el requisito de nivel inventivo, tal como se define en el artículo 18 de la Decisión 486.

Habiendo atendido cabalmente las objeciones presentadas por ese despacho, atentamente solicitamos se conceda el privilegio de patente de invención a la solicitud en estudio o si el señor examinador considera que subsisten razones para objetar la presente invención, rogamos expedir otro examen de fondo con los debidos motivos y razones que sustenten su objeción con el fin de que mi mandante tenga la posibilidad de exponer sus argumentos con base en la interpretación de los artículos 45 de la Decisión 486 -el cual otorga la facultad al examinador para emitir los exámenes de fondo- y 42 del Código de Procedimiento Administrativo y de lo Contencioso Administrativo que señala que: "*Habiéndose dado oportunidad a los interesados para expresar sus opiniones, y con base en las pruebas e informes disponibles, se tomará la decisión, que será motivada. La decisión resolverá todas las peticiones que hayan sido oportunamente planteadas dentro de la actuación por el peticionario y por los terceros reconocidos*", (el subrayado es nuestro).

En consecuencia, solicitamos a ese despacho pronunciarse en relación con todos los argumentos presentados en este memorial dando estricta aplicación al principio del debido proceso consagrado en el artículo 29 de la Constitución Nacional.

5. Anexos

- Nuevo capítulo reivindicatorio que incluye quince (15) reivindicaciones.
- Nuevo capítulo descriptivo modificado.
- Pago de la tasa oficial de modificación.

Señora Directora,


CAROLINA DAZA MONTALVO
C.C. 66.783.790 de Palmira Valle
TP-141563 CSJ
notificaciones@clarkemodet.com.co

REIVINDICACIONES

1. Un método realizado por un nodo (102, 104, 120) de una red de comunicación inalámbrica (100), la red de comunicación inalámbrica que comprende un dispositivo inalámbrico (104), un nodo de red de acceso de radio (102) y uno o más nodos de red de comunicación de luz inalámbrica, LC (106), al menos uno del dispositivo inalámbrico y el nodo de red de acceso de radio que comprende una pluralidad de elementos de antena configurables para proporcionar una pluralidad de haces de radio de transmisión o recepción (110, 112) para la comunicación con el otro del dispositivo inalámbrico y el nodo de red de acceso de radio, el método que comprende:
- 5 obtener (200) una indicación, en donde la indicación indica un nodo de red de LC inalámbrica con el cual el dispositivo inalámbrico tiene una conexión de LC inalámbrica, y en donde la conexión LC inalámbrica indica que el dispositivo inalámbrico está ubicado dentro de un área de cobertura del nodo de red de LC inalámbrica;
- 10 obtener (202) una o más métricas de señal para uno o más de la pluralidad de haces de radio de transmisión o recepción, en donde los uno o más haces de radio de transmisión o recepción están dirigidos hacia el área de cobertura del nodo de red de LC inalámbrica indicado, o que están dirigidos para recibir transmisiones desde el área de cobertura del nodo de red de LC inalámbrica indicado; y
- 15 determinar si un haz de radio de transmisión o recepción del uno o más haces de radio de transmisión o recepción corresponde o no a una línea de visión, LoS, entre el nodo de red de acceso de radio y el dispositivo inalámbrico con base en una comparación (204) entre la métrica de señal para el haz de radio de transmisión o recepción y un primer umbral.
2. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el primer umbral es con base en una distancia estimada entre el dispositivo inalámbrico (104) y el nodo de red de acceso de radio (102).
- 20 3. El método de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en donde la pluralidad de elementos de antena son configurables para proporcionar una pluralidad de haces de radio de transmisión o recepción (110, 112) predefinidos, y en donde el paso (202) de obtener una o más métricas de

señal comprende obtener métricas de señal para un subconjunto de la pluralidad de haces de radio de transmisión o recepción predefinidos, el subconjunto de haces de radio de transmisión o recepción predefinidos que corresponden a aquellos haces de radio de transmisión que se dirigen hacia un área de cobertura del nodo de red de LC inalámbrica indicado, o aquellos haces de radio de recepción que se dirigen para recibir transmisiones desde el área de cobertura del nodo de red de LC inalámbrica indicado (106).

4. El método de acuerdo con la reivindicación 3, en donde la pluralidad de haces de radio de transmisión o recepción (110, 112) se definen por uno o más de: una pluralidad de conformadores de haces analógicos; una pluralidad de combinadores analógicos; un libro de códigos digital de conformadores de haces; y un libro de códigos digital de combinadores.

5. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además obtener (210) una o más métricas de señal para uno o más de la pluralidad de haces de radio de transmisión o recepción (110, 112) que no se dirigen hacia el área de cobertura del nodo de red de LC inalámbrica indicado, o que no se dirigen para recibir transmisiones desde el área de cobertura del nodo de red de LC inalámbrica indicado.

6. El método de acuerdo con la reivindicación 5, que comprende además comparar (212) las una o más métricas de señal obtenidas a un segundo umbral, para determinar si es posible o no la comunicación de RF utilizando el uno o más haces de radio de transmisión o recepción (110, 112) no dirigidos hacia el área de cobertura del nodo de red de LC inalámbrica indicado (106), o no dirigidos para recibir transmisiones desde el área de cobertura del nodo de red de LC inalámbrica indicado.

7. El método de acuerdo con la reivindicación 5 o 6, en donde el paso (210) de obtener métricas de señal para los uno o más haces de radio de transmisión o recepción (110, 112) no dirigidos hacia el área de cobertura del nodo de red de LC inalámbrica indicado (106), o no dirigidos para recibir transmisiones desde el área de cobertura del nodo de red de LC inalámbrica indicado se realiza en respuesta a una determinación de que no existe ninguna LoS entre el nodo de red de acceso de radio (102) y el dispositivo inalámbrico (104).

8. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el paso (200) de obtener la indicación comprende recibir un mensaje del dispositivo inalámbrico (104) que comprende la indicación que indica el nodo de red de LC inalámbrica.

5 9. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en donde el paso (200) de obtener la indicación comprende recibir un mensaje del nodo de red de LC inalámbrica (106) que comprende una indicación de una identidad del dispositivo inalámbrico (104).

10 10. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el paso (202) de obtener métricas de señal comprende:
realizar mediciones en señales transmitidas o recibidas utilizando el uno o más haces de radio de transmisión o recepción (110, 112) para obtener respectivos valores para la métrica de señal para cada uno del uno o más haces de radio de transmisión o recepción.

15 11. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la métrica de señal comprende uno o más de: intensidad de señal recibida; potencia de señal recibida; calidad de señal recibida; relación de señal a ruido; y relación de señal a ruido e interferencia.

12. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además utilizar un haz de radio de transmisión o recepción de LoS para realizar (208) mediciones de tiempo de vuelo entre el dispositivo inalámbrico (104) y el nodo de red de acceso de radio (102).

20 13. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el nodo es uno de: el dispositivo inalámbrico (104); el nodo de red de acceso de radio (102); y un nodo de red de comunicación (120).

14. Un medio leíble por máquina no transitorio que almacena instrucciones para la ejecución por circuitería de procesamiento de un nodo (102, 104, 120) de una red de comunicación inalámbrica (100), la red de comunicación inalámbrica que comprende un dispositivo inalámbrico (104), un

nodo de red de acceso de radio (102) y uno o más nodos de red de comunicación de luz inalámbrica, LC (106), al menos uno del dispositivo inalámbrico y el nodo de red de acceso de radio que comprende una pluralidad de elementos de antena configurables para proporcionar una pluralidad de haces de radio de transmisión o recepción (110, 112) para la comunicación con el otro del dispositivo inalámbrico y el nodo de red de acceso de radio, la ejecución de las instrucciones por la circuitería de procesamiento hacen que el nodo:

obtenga (200) una indicación, en donde la indicación indica un nodo de red de LC inalámbrica con el cual el dispositivo inalámbrico tiene una conexión de LC inalámbrica, y en donde la conexión LC inalámbrica indica que el dispositivo inalámbrico está ubicado dentro de un área de cobertura del nodo de red de LC inalámbrica;

obtenga (202) una o más métricas de señal para uno o más de la pluralidad de haces de radio de transmisión o recepción, en donde los uno o más haces de radio de transmisión o recepción están dirigidos hacia el área de cobertura del nodo de red de LC inalámbrica indicado, o que están dirigidos para recibir transmisiones desde el área de cobertura del nodo de red de LC inalámbrica indicado; y

determine si un haz de radio de transmisión o recepción del uno o más haces de radio de transmisión o recepción corresponde o no a una línea de visión, LoS, entre el nodo de red de acceso de radio y el dispositivo inalámbrico con base en una comparación entre la métrica de señal para el haz de radio de transmisión o recepción y un primer umbral.

15. Un nodo (102, 104, 120, 300) de una red de comunicación inalámbrica (100), la red de comunicación inalámbrica que comprende un dispositivo inalámbrico (104), un nodo de red de acceso de radio (102) y uno o más nodos de red de comunicación de luz inalámbrica, LC (106), al menos uno del dispositivo inalámbrico y el nodo de red de acceso de radio que comprende una pluralidad de elementos de antena configurables para proporcionar una pluralidad de haces de radio de transmisión o recepción (110, 112) para la comunicación con el otro del dispositivo inalámbrico y el nodo de red de acceso de radio, el nodo que comprende circuitería de procesamiento (302) y un medio leíble por máquina no transitorio (304), el medio leíble por máquina no transitorio que almacena instrucciones que, cuando se ejecutan por la circuitería de procesamiento, hacen que el nodo realice el método de acuerdo

con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13.

5

10

15

20

**MÉTODOS, APARATOS Y MEDIOS LEÍBLES POR MÁQUINA CON RELACIÓN A
LA COMUNICACIÓN INALÁMBRICA EN REDES DE COMUNICACIÓN**

CAMPO TÉCNICO

5 Las modalidades de la divulgación se refieren a la
comunicación inalámbrica en redes de comunicación, y
particularmente se refieren a métodos, aparatos y medios
leíbles por máquina para la comunicación inalámbrica en una
red de comunicación que comprende un dispositivo inalámbrico,
10 un nodo de red de acceso de radio y un nodo de red de
comunicación de luz inalámbrica.

ANTECEDENTES

Los puntos de transmisión de las redes inalámbricas de
comunicación de radio están cada vez más equipados con
15 sistemas avanzados de antenas. Estos sistemas de antena
incrementan la capacidad y/o la cobertura de los sistemas
inalámbricos existentes por la adición de arreglos de
antenas. Esto permite el uso de técnicas de conformación de
haces para incrementar la intensidad de señal recibida para
20 señales transmitidas en y recibidas desde una dirección
particular. De manera similar, los dispositivos inalámbricos
se están proporcionando con transceptores de múltiples
antenas. Por consiguiente, también son capaces de aplicar
técnicas de conformación de haces para beneficiarse de la

ganancia de conformación de haces en direcciones particulares para señales tanto transmitidas como recibidas.

Por consiguiente, a fin de beneficiarse de las ganancias de conformación de haces, un dispositivo transmisor, ya sea
5 un punto de acceso (AP) o un dispositivo inalámbrico, debe determinar un haz de transmisión apropiado (por ejemplo, forma y/o dirección) a fin de transmitir haces con una más alta ganancia en la dirección del dispositivo receptor. De manera similar, un dispositivo receptor, ya sea un AP o un
10 dispositivo inalámbrico, debe determinar un haz receptor apropiado (por ejemplo, forma y/o dirección) a fin de recibir haces con más alta ganancia en la dirección del dispositivo transmisor.

Este resultado se logra usualmente a través de un
15 proceso conocido como barrido de haz, en el cual el dispositivo transmisor transmite haces en todas las direcciones predefinidas, por ejemplo, en una ráfaga y/o en un intervalo regular. El dispositivo receptor realiza mediciones en esos haces utilizando todos sus haces
20 receptores, y reporta las mediciones al dispositivo transmisor tal que se pueda determinar un par de haces de transmisión-recepción apropiado. Para asegurarse de que se selecciona el par de haces más apropiado, las transmisiones y las mediciones correspondientes se realizan para todos los

pares de haces de transmisión-recepción posibles.

Las mediciones de rango y ángulo (de llegada) también pueden ser parte del proceso de selección anterior. Se debe observar que las mediciones de rango y ángulo dependen de si
5 existe una línea de visión, LoS, entre los dispositivos transmisores y receptores. En el caso de que exista una LoS, se puede considerar que el proceso para determinar el rango y el ángulo es relativamente sencillo debido a la alta exactitud relativa para las mediciones de rango y ángulo en
10 el caso de LoS. Sin embargo, en el caso de que no exista una LoS, por ejemplo, debido a un bloqueo en la LoS, entre los dispositivos transmisores y receptores, se puede utilizar un proceso relativamente más complejo, pero menos exacto, para las mediciones de rango y ángulo. Por consiguiente,
15 determinar si existe o no una LoS proporciona una indicación de qué proceso se debe implementar. Además, un concepto emergente de interés potencial es donde el dispositivo receptor puede recolectar energía del haz de transmisión. Esta recolección de energía puede ser más eficiente en
20 escenarios donde existe una LoS.

La determinación de si existe o no una LoS se considera que es un problema desafiante.

Un enfoque para determinar si existe o no una LoS implica implementar una prueba de hipótesis binaria. En esta

prueba, una hipótesis corresponde a un escenario donde existe una LoS y otra hipótesis corresponde a un escenario donde no existe una LoS. En estas pruebas de hipótesis, se realizan mediciones de canal extensas, que requieren recursos valiosos de tiempo y frecuencia, e implican el uso de receptores acústicos de canal dedicadas que requieren circuitería de hardware adicional. Adicionalmente, en escenarios donde hay movilidad en términos de posicionamiento relativo de los dispositivos transmisores y receptores, la exactitud de la prueba de hipótesis se puede disminuir en comparación al escenario donde no hay movilidad.

Un enfoque alternativo para determinar si existe o no una LoS implica el uso de señales de banda ultraancho para medir la dispersión de retardo u otra cantidad de rango de una señal recibida. Sin embargo, el uso de señalización de banda ultraancho es dependiente de si los dispositivos transmisores y receptores tienen o no la circuitería pertinente para manejar señales de banda ultraancho. Las limitaciones de costos y/o el establecimiento de estándares de comunicación pueden imponer limitaciones en el despliegue de infraestructura de comunicación con estas capacidades.

Un enfoque alternativo, que se ha analizado en el grupo de tareas de estandarización de IEEE 802.11ay, depende de las propiedades físicas de una señal de RF de propagación. Por

ejemplo, en la comunicación de onda milimétrica en las bandas de frecuencia de alrededor de 60 GHz, una señal de RF de propagación experimenta un cambio de polarización cada vez que se presenta una reflexión. Por consiguiente, en una ruta de propagación de LoS, no se presenta ningún cambio de polarización. Esta característica de polarización dependiente de reflexión de la señal de RF se puede explotar para determinar si existe o no una LoS cuando se transmiten múltiples señales de referencia redundantes con diferentes estados de polarización conocidos. Sin embargo, este enfoque implica el uso de circuitería y recursos de tiempo adicionales para la transmisión de señales de RF con diferentes estados de polarización, así como para el análisis de las señales recibidas de RF

Por consiguiente, los enfoques existentes para determinar si existe o no una LoS podrían implicar el uso de circuitería adicional y/o requerir recursos de radio. Si se pudiera simplificar el proceso para determinar si existe o no una LoS, se podrían liberar recursos valiosos para otras tareas y/o se podría reducir el costo de despliegue de infraestructura.

BREVE DESCRIPCIÓN

Las modalidades de la presente divulgación buscan abordar estos y otros problemas.

En un aspecto, se proporciona un método realizado por un nodo de una red de comunicación inalámbrica, la red de comunicación inalámbrica que comprende un dispositivo inalámbrico, un nodo de red de acceso de radio y uno o más
5 nodos de red de comunicación de luz inalámbrica, LC. Al menos uno del dispositivo inalámbrico y el nodo de red de acceso de radio comprende una pluralidad de elementos de antena configurables para proporcionar un haz de transmisión o recepción para la comunicación con el otro del dispositivo
10 inalámbrico y el nodo de red de acceso de radio. El método comprende obtener una indicación de un nodo de red de LC inalámbrica con el cual el dispositivo inalámbrico ha establecido una conexión de LC inalámbrica. El método comprende además obtener una o más métricas de señal para uno
15 o más haces de transmisión o recepción que se dirigen hacia un área de cobertura del nodo de red de LC inalámbrica indicado, o que se dirigen para recibir transmisiones desde el área de cobertura del nodo de red de LC inalámbrica indicado. El método comprende además determinar si un haz de
20 transmisión o recepción del uno o más haces de transmisión o recepción corresponde o no a una línea de visión, LoS, entre el nodo de red de acceso de radio y el dispositivo inalámbrico con base en una comparación entre la métrica de señal para el haz de transmisión o recepción y un primer

umbral.

También se proporcionan aparatos y medios leíbles por máquina no transitorios para realizar el método expuesto anteriormente. Por ejemplo, en un aspecto, se proporciona un
5 nodo, configurado para realizar el método (y otros métodos expuestos en la presente). En otro aspecto, se proporciona un nodo de una red de comunicación inalámbrica. La red de comunicación inalámbrica comprende un dispositivo inalámbrico, un nodo de red de acceso de radio y uno o más
10 nodos de red de comunicación de luz inalámbrica, LC. Al menos uno del dispositivo inalámbrico y el nodo de red de acceso de radio puede comprender una pluralidad de elementos de antena configurables para proporcionar un haz de transmisión o recepción para la comunicación con el otro del dispositivo
15 inalámbrico y el nodo de red de acceso de radio. El nodo comprende circuitería de procesamiento, un medio leíble por máquina no transitorio y una pluralidad de elementos de antena configurables para proporcionar una pluralidad de haces de transmisión o recepción. El medio leíble por máquina
20 no transitorio almacena instrucciones que, cuando se ejecutan por la circuitería de procesamiento, provocan que el nodo: obtenga una indicación de un nodo de red de LC inalámbrica con el que el dispositivo inalámbrico ha establecido una conexión de LC inalámbrica; obtenga una o más métricas de

señal para uno o más haces de transmisión o recepción que se dirigen hacia un área de cobertura del nodo de red de LC inalámbrica indicado, o que se dirigen para recibir transmisiones desde el área de cobertura del nodo de red de LC inalámbrica indicado; y determine si un haz de transmisión o recepción del uno o más haces de transmisión o recepción corresponde o no a una línea de visión, LoS, entre el nodo de red de acceso de radio y el dispositivo inalámbrico con base en una comparación entre la métrica de señal para el haz de transmisión o recepción y un primer umbral.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

Para una mejor comprensión de los ejemplos de la presente descripción, y para mostrar más claramente cómo se pueden llevar a cabo los ejemplos, ahora se hará referencia, sólo a manera de ejemplo, a las siguientes figuras en las cuales:

Las figuras 1a y 1b son diagramas esquemáticos que muestran la conformación de haces en una red de comunicación de acuerdo con modalidades de la divulgación;

La figura 2 es un diagrama de flujo de un método realizado por un nodo de acuerdo con modalidades de la divulgación; y

Las figuras 3 y 4 son diagramas esquemáticos de un nodo de acuerdo con modalidades de la divulgación.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

Las modalidades de la divulgación describen métodos, aparatos y medios leíbles por máquina que aprovechan la información obtenida con respecto a una conexión de comunicación de luz inalámbrica, LC, dentro de una red de comunicación para simplificar la determinación de si existe o no una línea de visión, LoS, entre dispositivos transmisores y receptores de radiofrecuencia, RF, en la red de comunicación. Un ejemplo de esta red de comunicación se representa en las figuras 1a a 1b y se describe en más detalle a continuación.

La figura 1a es un diagrama esquemático que muestra una red de comunicación 100 de acuerdo con modalidades de la divulgación. La ilustración muestra un ejemplo donde la red 100 se despliega en interiores (con el piso en la parte inferior de la página y el techo en la parte superior); sin embargo, aquellos expertos en la técnica apreciarán que los conceptos descritos en la presente son aplicables a entornos interiores y exteriores.

La red 100 comprende un nodo de red de acceso de radio 102 y un dispositivo inalámbrico 104.

El nodo de red de acceso de radio 102 se configura para proporcionar acceso de radio inalámbrico al dispositivo inalámbrico 104 que implementa cualquier norma de

telecomunicación de radio adecuada. Por ejemplo, el nodo de red de acceso de radio 102 puede formar parte de una red celular, y proporcionar acceso de radio que se ajustan a una norma de radio de red celular tal como aquellas producidas por el Proyecto de Asociación de Tercera Generación (3GPP), por ejemplo, Sistema Global para Comunicaciones Móviles (GSM), Servicio General de Radio por Paquetes (GPRS), Tasas de Datos Potenciadas para Evolución de GSM (EDGE), Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles (UMTS), Evolución a Largo Plazo (LTE), LTE Avanzado, y la norma 5G denominada Nueva Radio (NR). De manera alternativa, el nodo de red de acceso de radio 102 puede formar parte de una red de área local inalámbrica (WLAN), y proporcionar acceso de radio que se ajusta a las normas IEEE 802.11, a manera de ejemplo. En este último ejemplo, el nodo de acceso de radio se puede denominar un punto de acceso (AP). Las referencias a un "nodo de red de acceso de radio" en la presente incluyen al menos nodos de red de acceso de radio celular y puntos de acceso de WLAN. En la modalidad ilustrada, el nodo de red de acceso de radio 102 se ubica en el techo; sin embargo, se entenderá que el nodo de red de acceso de radio 102 se puede ubicar en cualquier posición.

El dispositivo inalámbrico 104 se configura para comunicarse de manera inalámbrica con el nodo de red de

acceso de radio 102 y, por consiguiente, también implementa la misma norma que el nodo de red de acceso de radio 102. Por ejemplo, el dispositivo inalámbrico 102 se puede denominar alternativamente un equipo de usuario (UE) o una estación
5 móvil (STA).

En la modalidad ilustrada, el nodo de red de acceso de radio 102 y el dispositivo inalámbrico 104 comprenden cada uno una pluralidad de antenas o elementos de antena (por ejemplo, un arreglo de antenas o disposición similar) para la
10 transmisión y/o recepción de señales de radio. Por consiguiente, a través de la aplicación de técnicas de conformación de haces, el nodo de red de acceso de radio 102 y el dispositivo inalámbrico 104 son capaces de transmitir señales de radio que tienen una más alta intensidad y/o
15 recibir señales de radio con una más alta sensibilidad en una dirección particular. Por ejemplo, uno o más respectivos pesos o desplazamientos de fase se pueden aplicar a señales proporcionadas a cada elemento de antena, o recibidas de cada elemento de antena, tal que las señales desde o hacia una
20 dirección particular experimenten interferencia constructiva en tanto que aquellas de otras direcciones experimenten interferencia destructiva. Aquellos expertos en la técnica serán muy conscientes de los principios de las técnicas de conformación de haces.

Varios haces se muestran en el ejemplo ilustrado. A aquellos haces utilizados por el nodo de red de acceso de radio 102 se proporciona el número de referencia 110, en tanto que a aquellos utilizados por el dispositivo inalámbrico 104 se proporciona el número de referencia 112. Los elementos de antena pueden ser configurables para proporcionar una pluralidad de haces predefinidos 110, 112. Se entenderá que los haces 110, 112 pueden ser para la transmisión o recepción de señales de radio inalámbricas. Por ejemplo, en una modalidad, el nodo de red de acceso de radio 102 es el dispositivo transmisor y el dispositivo inalámbrico 104 es el dispositivo receptor; en este ejemplo, los haces 110 son, por consiguiente, haces de transmisión, en tanto que los haces 112 son haces de recepción. En otro ejemplo, el dispositivo inalámbrico 104 es el dispositivo transmisor y el nodo de red de acceso de radio 102 es el dispositivo receptor; en este ejemplo los haces 112 son, por consiguiente, haces de transmisión y los haces 110 son haces de recepción. Cuando se hace referencia a la transmisión de señales de radio inalámbricas, el dispositivo transmisor se puede referir a un dispositivo transmisor de RF y el dispositivo receptor se puede referir a un dispositivo receptor de RF.

En un ejemplo adicional, los haces de transmisión o

recepción se pueden utilizar por sólo uno del nodo de red de acceso de radio 102 y el dispositivo inalámbrico 104, con el otro que transmite o que recibe señales de radio de manera omnidireccional. Por consiguiente, uno del nodo de red de acceso de radio 102 y el dispositivo inalámbrico 104 puede transmitir una señal de radio utilizando un haz direccional, en tanto que el otro del nodo de red de acceso de radio 102 y el dispositivo inalámbrico 104 recibe la señal de radio sin utilizar conformación de haces. De manera similar, uno del nodo de red de acceso de radio 102 y el dispositivo inalámbrico 104 puede transmitir una señal de radio sin utilizar conformación de haces, en tanto que el otro del nodo de red de acceso de radio 102 y el dispositivo inalámbrico 104 recibe la señal de radio utilizando un haz de recepción.

La descripción a continuación asume que se determina un par de haz de transmisión-recepción para el nodo de red de acceso de radio 102 y el dispositivo inalámbrico 104. Sin embargo, se entenderá que las modalidades de la divulgación también se refieren a la determinación de un haz de transmisión o recepción para sólo uno del nodo de red de acceso de radio 102 y el dispositivo inalámbrico 104.

Como se indica anteriormente, a fin de beneficiarse de las ganancias de conformación de haces, un dispositivo transmisor debe determinar un haz de transmisión apropiado

(por ejemplo, forma y/o dirección) a fin de transmitir haces con una más alta ganancia en la dirección del dispositivo receptor. De manera similar, un dispositivo receptor (ya sea un punto de acceso o un dispositivo inalámbrico) debe
5 determinar un haz receptor apropiado (por ejemplo, forma y/o dirección) a fin de recibir haces con más alta ganancia en la dirección del dispositivo transmisor. Estos dispositivos utilizarán habitualmente un proceso conocido como barrido de haz, en el cual el dispositivo transmisor transmite haces en
10 todas las direcciones predefinidas, por ejemplo, en una ráfaga y/o en un intervalo regular. El dispositivo receptor realiza mediciones en esos haces utilizando todos sus haces receptores, y reporta las mediciones al dispositivo transmisor tal que se pueda determinar un par de haces de
15 transmisión-recepción apropiado. Para asegurarse de que se elige el par de haces más apropiado, las transmisiones y las mediciones correspondientes se realizan para todos los pares de haces de transmisión-recepción posibles. Este proceso consume mucho tiempo, y utiliza potencia significativa y
20 recursos de radio.

Las modalidades de la divulgación utilizan una tecnología de comunicación inalámbrica alternativa para determinar la ubicación de un dispositivo receptor (ya sea el nodo de red de acceso de radio 102 o el dispositivo

inalámbrico 104) con un grado razonable de exactitud. Por consiguiente, se puede reducir la cantidad de haces de transmisión y/o recepción probados como parte de un procedimiento de barrido de haz, a fin de dirigirse a la
5 ubicación conocida o aproximada del dispositivo receptor.

En particular, las modalidades de la divulgación utilizan comunicación de luz inalámbrica (a veces conocida como "LiFi"), y por consiguiente, la red 100 comprende adicionalmente una pluralidad de nodos de red de comunicación
10 de luz inalámbrica 106a, 106b, 106c, 106d (colectivamente, 106).

Estudios recientes en el ámbito académico y prototipos tempranos de la industria han mostrado que la comunicación de luz visible (VLC) tiene el potencial de llegar a ser un nuevo
15 medio de comunicación inalámbrica. Este también es el caso de la comunicación de luz general (LC) que despliega frecuencias que no pertenecen al espectro óptico visible, tal como la luz infrarroja. En particular, se anticipan varios gigabits por segundo (Gb/s) de sistemas de comunicación inalámbrica que
20 utilizan el espectro óptico con propósitos de comunicación.

El concepto principal detrás de LC es comunicar datos binarios utilizando niveles rápidamente variables de intensidad de luz. En más detalle, uno o múltiples diodos emisores de luz (LED) se despliegan en la fuente transmisora

a fin de modular datos binarios en diferentes niveles de intensidad de luz emitida. Los LED desplegados cambian los niveles de la intensidad de luz emitida a tasas que no son perceptibles por el ojo humano. Por consiguiente, la
5 incorporación de LC en un sistema de iluminación no afecta la calidad de la iluminación. El dispositivo receptor detecta los cambios de la intensidad de luz emitida utilizando fotodetectores (PD), a manera de ejemplo. De esta manera, el dispositivo receptor es capaz de detectar los datos
10 transmitidos.

Por consiguiente, cada uno de los nodos de red de LC inalámbrica 106 comprende una o más fuentes de luz (tal como LED) para la transmisión de luz. La luz puede tener una longitud de onda que está en la parte visible del espectro, o
15 adyacente a la misma (por ejemplo, infrarrojo o ultravioleta). La luz está sujeta a modulación con una o más fuentes de datos, tal que la intensidad de la luz varíe con el paso del tiempo de una manera que se puede detectar y decodificar por un dispositivo receptor. El área de línea de
20 visión cubierta por esta luz (por ejemplo, un "área de cobertura") se muestra en las líneas discontinuas 107. Por consiguiente, el dispositivo inalámbrico 104 comprende uno o más fotodetectores para la detección de la luz modulada transmitida por los nodos de red de LC inalámbrica 106, y de

esta manera las comunicaciones pueden tener lugar en el enlace descendente desde los nodos de red de LC inalámbrica 106 al dispositivo inalámbrico 104. El dispositivo inalámbrico 104 puede comprender adicionalmente una o más fuentes de luz (tal como LED), y los nodos de red de LC inalámbrica 106 pueden comprender uno o más fotodetectores, tal que la comunicación también pueda tener lugar en el enlace ascendente desde el dispositivo inalámbrico 104 hasta los nodos de red de LC 106.

El Anexo A a continuación describe cómo el canal de LC está dominado por el componente de línea de visión entre el transmisor (por ejemplo, los nodos de LC 106) y el receptor (por ejemplo, el dispositivo inalámbrico 104). Cuando la línea de visión ya no existe entre el transmisor y el receptor, el SINR del enlace de comunicación de LC disminuye significativamente tal que casi siempre una conexión entre el transmisor y el receptor ya no sea viable. Por consiguiente, si una conexión es operativa entre un transmisor de LC y un receptor de LC, la ubicación del receptor de LC se conoce con un grado muy alto de certeza; debe estar dentro de una línea de visión del transmisor de LC. En el contexto de la figura 1, si existe una conexión de LC entre un nodo de LC inalámbrico 106 y el dispositivo inalámbrico 104, el dispositivo inalámbrico 104 debe estar dentro de los límites

de la luz transmitida 107. Esta área se denomina "una celda de LC" 107 en la presente.

Los nodos de red de LC inalámbrica 106 pueden ser independientes entre sí, proporcionando servicios
5 independientes a dispositivos inalámbricos de una manera similar a estaciones base de radio separadas. Por ejemplo, cada nodo de red de LC inalámbrica 106 puede implementar su propia pila de respectivo protocolo de software. De manera alternativa, los nodos de red de LC inalámbrica 106 pueden
10 formar parte de una entidad más grande, de una manera similar a diferentes puntos de transmisión-recepción de una estación base de radio. Por ejemplo, cada nodo de red de LC inalámbrica 106 puede implementar una o más capas inferiores de una pila de protocolos, con una entidad de red separada
15 que implementa las capas superiores para múltiples nodos de red de LC inalámbrica 106.

Se observará además que los nodos de LC inalámbricos 106 se acoplan comunicativamente al nodo de red de acceso de radio 102 mediante una conexión de retroceso 108. La conexión
20 de retroceso 108 será habitualmente una conexión cableada, tal como una conexión de Ethernet (por ejemplo, alimentación a través de Ethernet) u otra conexión de datos de paquete, aunque en ciertas modalidades la conexión 108 puede ser alternativamente inalámbrica.

La red de comunicación 100 comprende además un nodo de red de comunicación 120 acoplado comunicativamente a los otros nodos 102, 106 en la red de comunicación 100 mediante la conexión de retroceso 108. El nodo de red de comunicación 120 se puede incorporar en el hardware y/o software de un servidor independiente, un servidor implementado en la nube, un servidor distribuido o como recursos de procesamiento en una torre de servidores. El nodo de red de comunicación 120 puede estar bajo la propiedad o el control de un proveedor de servicios, o se puede operar por el proveedor de servicios o en nombre del proveedor de servicios.

El nodo de red de acceso de radio 102 obtiene información que identifica una celda de LC 107 o nodo de red de LC inalámbrica 106 al cual se conecta el dispositivo inalámbrico 104. Con base en esa información, el nodo de red de acceso de radio 102 es capaz de seleccionar un subconjunto de los haces 110 que es capaz de producir e iniciar un procedimiento de barrido de haz utilizando sólo ese subconjunto de haces para seleccionar un haz de transmisión o recepción para comunicarse con el dispositivo inalámbrico 104. De manera similar, el dispositivo inalámbrico 104 se conecta a una celda de LC 107 o nodo de red de LC inalámbrica 106 y, con base en la celda de LC o nodo de red de LC inalámbrica 106, identifica un subconjunto de los haces de

transmisión o recepción que es capaz de producir y realiza un procedimiento de barrido de haz utilizando el subconjunto de haces para seleccionar un haz de transmisión o recepción para comunicarse con el nodo de red de acceso de radio 102.

5 La figura 1b muestra la red 100 descrita anteriormente, una vez que se ha llevado a cabo la selección del subconjunto de haces de transmisión o recepción. En este ejemplo, el dispositivo inalámbrico 104 establece una conexión con el nodo de LC inalámbrico 106c. La información que identifica el
10 nodo de red de LC inalámbrica 106c o la celda de LC 107 formada por esta se proporciona al nodo de red de acceso de radio 102 (por ejemplo, mediante la conexión de retroceso 108, o desde una comunicación por el propio dispositivo inalámbrico 104), y el nodo de red de acceso de radio
15 identifica consecuentemente haces 114 (un subconjunto de los haces 110) que se dirigen sólo a la celda 107. De manera similar, el dispositivo inalámbrico 104 identifica haces 116 (un subconjunto de los haces 112) que se dirigen al nodo de red de acceso de radio 102 desde la celda identificada 107.
20 Un procedimiento de barrido de haz utilizando sólo estos subconjuntos de haces 114, 116 puede implicar menos tiempo y recursos para completar.

 Como se hace referencia anteriormente, en el contexto de la figura 1b, si se ha establecido una conexión de LC

inalámbrica entre un nodo de LC inalámbrico 106 y el dispositivo inalámbrico 104, se determina que el dispositivo inalámbrico 104 está dentro de los límites de la celda de LC 107. Por consiguiente, es posible determinar una ubicación
5 aproximada del dispositivo inalámbrico 104 con relación al nodo de red de acceso de radio 102. Con base en este conocimiento con respecto a la ubicación aproximada, puede ser posible simplificar una determinación de si existe o no una LoS entre un dispositivo transmisor de RF (por ejemplo,
10 uno del nodo de red de acceso de radio 102 y el dispositivo inalámbrico 104) y un dispositivo receptor de RF (por ejemplo, el otro del nodo de red de acceso de radio 102 y el dispositivo inalámbrico 104).

Si los nodos de red de LC inalámbrica 106 tienen una
15 movilidad predecible, o tienen una movilidad muy baja o ninguna, su ubicación se puede determinar tal que la ubicación aproximada del dispositivo inalámbrico 104 se pueda determinar con base en la ubicación conocida o establecida del respectivo nodo de red de LC inalámbrica 106 al cual se
20 conecta el dispositivo inalámbrico 104.

El proceso para identificar un subconjunto de los haces de transmisión o recepción 110,112 se puede simplificar al seleccionar los haces 114 (por ejemplo, un subconjunto de los haces 110) que se dirigen a la ubicación aproximada

determinada del dispositivo inalámbrico 104 dentro de la celda 107. De manera similar, el dispositivo inalámbrico 104 puede identificar los haces 116 (por ejemplo, un subconjunto de los haces 112) que se dirigen al nodo de red de acceso de radio 102 desde la celda identificada 107.

Se pueden identificar uno o más haces de transmisión o recepción candidatos 110, 112 seleccionados de los subconjuntos de haces identificados 114, 116 que corresponden a una LoS entre el dispositivo transmisor y el dispositivo receptor. Se pueden realizar mediciones para determinar una métrica de señal para los haces de transmisión o recepción candidatos identificados 110, 112. Esta métrica de señal entonces se puede comparar con un umbral para determinar si existe o no una LoS.

Si se hace una determinación de que existe una LoS, entonces es posible realizar mediciones de rango y ángulo (de llegada) entre los dispositivos transmisores y receptores como parte de un procedimiento para establecer la comunicación de RF. Por otra parte, si se hace una determinación de que una LoS no existe, o que un haz de transmisión o recepción 110, 112 no de LoS, NLoS es dominante, se puede realizar un análisis adicional antes de determinar si la comunicación de RF se puede establecer o no mediante el haz de transmisión o recepción de NLoS 110, 112.

Una LoS no existente o un haz de transmisión o recepción de NLoS dominante 110, 112 puede ser indicativo de que hay un bloqueo en la ruta de LoS entre los dispositivos transmisores y receptores o que la orientación del dispositivo inalámbrico 104 no es óptima para soportar un haz de transmisión o recepción de LoS 110, 112. Una vez que se ha establecido si existe o no una LoS, o al menos si una LoS o NLoS transmite o recibe el haz 110, 112 es dominante, se puede identificar el procedimiento más apropiado para establecer la comunicación de RF. Estos procedimientos se describen ahora en más detalle más adelante.

La figura 2 es un diagrama de flujo de un método de acuerdo con modalidades de la divulgación. El método se puede realizar por un nodo de una red de comunicación inalámbrica (100) tal como se representa en las figuras 1a y 1b. El nodo puede comprender el nodo de red de acceso de radio 102, el dispositivo inalámbrico 104 y/o el nodo de red de comunicación 120 descrito anteriormente con respecto a las figuras 1a y 1b. Por consiguiente, cualquier referencia a un método realizado por un nodo se puede referir a un método realizado por cualquiera de los nodos 102, 104, 120.

El método comprende, en el bloque 200, obtener una indicación de un nodo de red de LC inalámbrica 106 con el cual el dispositivo inalámbrico 104 ha establecido una

conexión de LC inalámbrica. Esta indicación se puede obtener si se determina que una conexión de LC inalámbrica se establece actualmente o se ha establecido anteriormente entre el dispositivo inalámbrico 104 y el nodo de red de LC inalámbrica 106. Esta determinación que se ha establecido de una conexión de LC inalámbrica se puede realizar por cualquier nodo que proporcione la conexión de LC inalámbrica (es decir, el dispositivo inalámbrico 104 o el nodo de red de acceso de radio 102) o cualquier nodo acoplado de manera comunicativa a este (por ejemplo, el nodo de red de comunicación 120).

La indicación se puede obtener de varias maneras. Por ejemplo, la indicación se puede obtener al recibir un mensaje del dispositivo inalámbrico 104 que comprende la indicación del nodo de red de LC inalámbrica 106, y/o al recibir un mensaje del nodo de red de LC inalámbrica 106 que comprende la indicación de una identidad del dispositivo inalámbrico 104. Si la indicación proporcionada por uno del dispositivo inalámbrico 104 y el nodo de red de acceso de radio 102 comprende una identidad o cualquier otra información con respecto al otro del dispositivo inalámbrico 104 y el nodo de red de acceso de radio 102, esto puede ser indicativo de que estos nodos se acoplan o se han acoplado comunicativamente entre sí utilizando una conexión de LC inalámbrica.

El método comprende además, en el bloque 202, obtener una o más métricas de señal para uno o más haces de transmisión o recepción candidatos 110, 112 ("transmitir o recibir" se denomina "Tx/Rx" en la figura) que se dirigen
5 hacia un área de cobertura del nodo de red de LC inalámbrica 106 indicado, o que se dirigen para recibir transmisiones desde el área de cobertura del nodo de red de LC inalámbrica 106 indicado. Los haces de transmisión o recepción 110, 112 que se dirigen hacia, o se dirigen para recibir transmisiones
10 desde, el área de cobertura del nodo de red de LC inalámbrica 106 indicado se pueden considerar como haces candidatos potenciales para un haz de transmisión o recepción de LoS 110, 112 entre los dispositivos transmisores y receptores.

La obtención de la una o más métricas de señal puede
15 comprender realizar mediciones en señales transmitidas o recibidas utilizando el uno o más haces de transmisión o recepción 110, 112 para obtener respectivos valores para la métrica de señal para cada uno del uno o más haces de transmisión o recepción 110, 112. La métrica de señal puede
20 comprender uno o más de: intensidad de señal recibida; potencia de señal recibida; calidad de señal recibida; relación de señal a ruido; y relación de señal a ruido e interferencia.

Como se hace referencia anteriormente, un subconjunto de

la pluralidad de haces de transmisión o recepción 110,112 se puede identificar como potencialmente dirigido a la ubicación aproximada determinada del dispositivo inalámbrico 104 dentro de la celda 107, o que se dirige al nodo de red de acceso de radio 102 desde la celda identificada 107. Por ejemplo, se pueden obtener una o más métricas de señal para un subconjunto de la pluralidad de haces de transmisión o recepción predefinidos 110, 112. Por ejemplo, el subconjunto de haces de transmisión o recepción predefinidos puede corresponder a aquellos haces de transmisión que se dirigen hacia un área de cobertura del nodo de red de LC inalámbrica indicado, o aquellos haces de recepción que se dirigen para recibir transmisiones desde el área de cobertura del nodo de red de LC inalámbrica 106 indicado.

La pluralidad de haces de transmisión o recepción 110, 112 se puede definir por uno o más de: una pluralidad de conformadores de haces analógicos; una pluralidad de combinadores analógicos; un libro de códigos digital de conformadores de haces; y un libro de códigos digital de combinadores. Estos conceptos se analizan en más detalle en el anexo A a continuación.

El método comprende además determinar si un haz de transmisión o recepción del uno o más haces de transmisión o recepción 110, 112 corresponde o no a una LoS entre el nodo

de red de acceso de radio 102 y el dispositivo inalámbrico 104 con base en una comparación, en el bloque 204, entre la métrica de señal para el haz de transmisión o recepción 110, 112 y un primer umbral. Dependiendo de cómo la una o más métricas de señal obtenidas para la LoS candidata transmiten o reciben el haz 110, 112 en comparación con el primer umbral, se puede realizar una determinación con respecto a si existe o no una LoS. Por ejemplo, cuando la métrica de señal varía positivamente con la intensidad o calidad de la señal (por ejemplo, relación de señal a ruido, intensidad o potencia de señal recibida, etc.), y se determina que la métrica de señal está por encima del primer umbral, esto puede ser indicativo de la existencia de una LoS.

Se pueden tener en cuenta varios factores cuando se establece el primer umbral. Por ejemplo, la distancia entre el dispositivo inalámbrico 104 y el nodo de red de acceso de radio 102 (por ejemplo, con base en la ubicación aproximada del dispositivo inalámbrico 104) puede afectar la potencia de RF recibida del dispositivo transmisor. El primer umbral se puede determinar con base en una determinación del rango (por ejemplo, distancia estimada) entre el dispositivo inalámbrico 104 y el nodo de red de acceso de radio 102. Por ejemplo, el umbral se puede calcular con base en la distancia entre el dispositivo inalámbrico 104 y el nodo de red de acceso de

radio 102 y la ecuación para la propagación de RF en el espacio libre (es decir, la ecuación de Friis). El primer umbral se puede establecer en un valor que está justo por debajo del valor esperado si existe una LoS entre el dispositivo inalámbrico 104 y el nodo de red de acceso de radio 102 (por ejemplo, 80% o 90% de ese valor esperado).

El primer umbral se puede determinar además de acuerdo con una capacidad del dispositivo inalámbrico 104 y el nodo de red de acceso de radio 102. Por ejemplo, el dispositivo inalámbrico 104 puede tener ciertas capacidades de transmisión de potencia de RF (tal como una potencia de transmisión máxima), que podrían influir en la potencia de señal de RF que se podría recibir por el nodo de red de acceso de radio 102, y viceversa.

El primer umbral se puede calcular dinámicamente (por ejemplo, con base en la ecuación de Friis), o utilizando uno o más valores predeterminados (por ejemplo, en una tabla de consulta o similar). En el último caso, los valores umbral particulares se pueden predeterminar para distancias particulares (o rangos o distancias) entre el dispositivo inalámbrico 104 y el nodo de red de acceso de radio 102, a manera de ejemplo.

Si se establece, en el bloque 206, que existe una LoS, ciertos procedimientos se pueden llevar a cabo utilizando el

haz de transmisión o recepción de LoS. Por ejemplo, el método puede comprender además, en el bloque 208, utilizar un haz de transmisión o recepción de LoS 110, 112 para realizar mediciones de tiempo de vuelo, ToF, entre el dispositivo
5 inalámbrico 104 y el nodo de red de acceso de radio 102. Estas mediciones de ToF se pueden utilizar para proporcionar una determinación exacta de la distancia entre el dispositivo inalámbrico 104 y el nodo de red de acceso de radio 102.

Sin embargo, si se establece que no existe una LoS (por
10 ejemplo, ninguno de los haces candidatos tiene una métrica de señal que se compara favorablemente al primer umbral), el método puede proceder al bloque 210 en el que el nodo obtiene una o más métricas de señal para uno o más haces de transmisión o recepción 110, 112 que no se dirigen hacia, o
15 para recibir transmisiones desde, el área de cobertura del nodo de red de LC inalámbrica 106 indicado. Estos haces se pueden denominar no de LoS (NLoS) en la presente. El bloque 210 del método se puede realizar en respuesta a una determinación de que no existe LoS entre el nodo de red de
20 acceso de radio 102 y el dispositivo inalámbrico 104.

En el bloque 212, las métricas de señal obtenidas (para haces tanto de LoS como de NLoS candidatos) se pueden comparar con un segundo umbral para determinar si se puede establecer comunicación de RF entre los dispositivos

transmisores y receptores utilizando los haces 110, 112. Dependiendo de cómo se comparan las métricas de señal obtenidas con el segundo umbral, se puede hacer una determinación con respecto a si es posible utilizar o no los
5 respectivos haces (por ejemplo, la LoS candidata y el haz de transmisión o recepción de NLoS 110, 112) para la comunicación de RF. Por ejemplo, si la métrica de señal está por encima del segundo umbral entonces, en el bloque 214, se puede realizar una determinación para utilizar el respectivo
10 haz 110, 112 para comunicación de RF. Por otra parte, si la métrica de señal no está por encima del segundo umbral, entonces, en el bloque 216, se puede hacer una determinación de que la comunicación de RF no es posible utilizando el respectivo haz 110, 112.

15 De esta manera, se pueden seleccionar uno o múltiples haces para la comunicación entre el dispositivo inalámbrico 104 y el nodo de acceso de radio 102. El método puede comprender además comparar las métricas de señal para cada haz (LoS y NLoS candidatas) entre sí para determinar cuál de
20 los haces es dominante (por ejemplo, cuál de los haces es el más fuerte). Este haz dominante, o una cantidad particular de los haces más fuertes, se puede seleccionar para la comunicación entre el dispositivo inalámbrico 104 y el nodo de acceso de radio 102.

El segundo umbral se puede determinar como un valor mínimo en el cual la comunicación de RF es posible o fiable.

Las modalidades de esta divulgación, por consiguiente, proporcionan un método simplificado para determinar si existe
5 o no un obstáculo entre el dispositivo transmisor y receptor y/o si se puede utilizar un haz de transmisión o recepción candidato 110, 112 para establecer la comunicación de RF. El método puede permitir que se realice una determinación con respecto a si existe o no una LoS.

10 Las modalidades descritas en la presente pueden simplificar el procedimiento para establecer si existe o no una LoS, tal que se pueden necesitar menos recursos informáticos y/o tiempo para determinar qué haz de transmisión o recepción 110, 112 utilizar para la
15 comunicación de RF. Por ejemplo, las modalidades pueden evitar o reducir la necesidad de modelos estadísticos altamente exactos para determinar si existe o no una LoS, puesto que la información con respecto a la ubicación aproximada del dispositivo inalámbrico 104 se puede
20 establecer fácilmente mediante un servicio de posicionamiento basado en red de LC. Al determinar si existe o no una LoS, también puede ser posible determinar la identidad del haz de transmisión o recepción dominante (por ejemplo, ya sea LoS o NLoS). El hardware y/o software requerido para realizar las

mediciones para determinar la una o más métricas de señal se puede reducir en comparación con algunas técnicas para determinar si existe o no una LoS.

Como se describirá en más detalle más adelante, las
5 modalidades de la divulgación pueden ser aplicables a ya sea transmisión basada en libro de códigos o transmisión no basada en libro de códigos.

Transmisión basada en libro de códigos

En el caso de la transmisión basada en libro de códigos,
10 la existencia de un haz de transmisión o recepción de LoS dominante 110, 112 puede facilitar un proceso de barrido de haz acelerado. Este proceso de barrido de haz acelerado se lleva a cabo por el uso del conocimiento de la ubicación y orientación aproximada del dispositivo inalámbrico 104 con
15 relación al nodo de red de acceso de radio 102.

Como se hace referencia anteriormente y como se analizó en más detalle en el Anexo A, un proceso de barrido de haz entre el nodo de red de acceso de radio 102 y el dispositivo inalámbrico 104 puede implicar el uso de un libro de códigos
20 (por ejemplo, libro de códigos digital) de conformadores de haces de transmisión (por ejemplo, haces de transmisión)

$\mathcal{B} = \{\mathbf{B}_1, \dots, \mathbf{B}_{|\mathcal{B}|}\}$ y un libro de códigos (por ejemplo, libro de códigos digital) de combinadores de receptores (por ejemplo,

haces de recepción), $\mathcal{R} = \{\mathbf{R}_1, \dots, \mathbf{R}_{|\mathcal{R}|}\}$. puesto que el nodo de red de acceso de radio 102 puede estar informado de la ubicación aproximada del dispositivo inalámbrico 104 (por ejemplo, debido a los servicios de posicionamiento ofrecidos por los
5 nodos de red de acceso de LC inalámbrico 106) y el dispositivo inalámbrico 104 puede estar consciente de su propia orientación (por ejemplo, mediante sensores integrados tal como un giroscopio, acelerómetro, etc.) y puede estar informado de la ubicación del nodo de red de acceso de radio
10 102, es posible definir subconjuntos 114, 116 de los haces de transmisión o recepción, $\mathcal{B}_{\text{LoS}} \subset \mathcal{B}$ y $\mathcal{R}_{\text{LoS}} \subset \mathcal{R}$, que corresponden a los haces de transmisión o recepción 110, 112, respectivamente, que apuntan hacia la dirección de una LoS
15 posible entre el dispositivo inalámbrico 104 y el nodo de red de acceso de radio 102. En otras palabras similares, los subconjuntos 114, 116 pueden corresponder a los haces de transmisión o recepción de LoS candidata 110, 112.

De manera similar, se puede definir un subconjunto de
20 haz de transmisión de NLoS $\mathcal{B}_{\text{NLoS}} = \mathcal{B} \setminus \mathcal{B}_{\text{LoS}}$ (es decir, aquellos haces de transmisión que no están dentro del subconjunto $\mathcal{B}_{\text{LoS}}$) y un subconjunto de haz de recepción de NLoS

$\mathcal{R}_{\text{NLoS}} = \mathcal{R} \setminus \mathcal{R}_{\text{LoS}}$ (es decir, aquellos haces de recepción que no
 están dentro del subconjunto $\mathcal{R}_{\text{LoS}}$). Estos subconjuntos
 corresponden a los haces de transmisión o recepción 110, 112
 5 que representan direcciones de NLoS. En el caso donde no hay
 ningún obstáculo entre el dispositivo inalámbrico 104 y el
 nodo de red de acceso de radio 102, un haz de transmisión
 seleccionado de $\mathcal{B}_{\text{LoS}}$ y un haz de recepción seleccionado de
 10 $\mathcal{R}_{\text{LoS}}$ se puede identificar como que corresponde a un haz de
 transmisión o recepción de LoS dominante 110, 112. Como parte
 del proceso para determinar si existe o no una LoS, se puede
 iniciar un proceso de barrido de haz utilizando los libros de
 15 códigos más pequeños $\mathcal{B}_{\text{LoS}}$ y $\mathcal{R}_{\text{LoS}}$. Durante este proceso, que
 especifica $|\mathcal{B}_{\text{LoS}}| |\mathcal{R}_{\text{LoS}}|$ lapsos de tiempo, se determina una
 métrica de interés (por ejemplo, una o más métricas de señal)
 para cada par posible de haces de transmisión seleccionados
 del subconjunto $\mathcal{B}_{\text{LoS}}$ y haces de recepción seleccionados del
 20 subconjunto $\mathcal{R}_{\text{LoS}}$. Una métrica de señal de ejemplo puede ser
 SNR, en cuyo caso, el primer umbral se puede definir de
 acuerdo con la ecuación de Friis conocida y la distancia de
 transmisión de RF aproximada entre el dispositivo inalámbrico

104 y el nodo de red de acceso de radio 102.

Si la métrica de señal óptima (por ejemplo, un valor máximo para la SNR), que se determina a partir del par óptimo de haces de transmisión o recepción 110, 112, está por encima
 5 del primer umbral, entonces se puede concluir que hay un haz de transmisión o recepción de LoS dominante 110, 112 sin ningún obstáculo en la LoS. Además, la dirección del haz de transmisión o recepción de LoS dominante 110, 112 se puede obtener directamente de las direcciones del par óptimo de
 10 haces de transmisión y recepción 110, 112. En contraste, si hay un obstáculo en la LoS entre el dispositivo inalámbrico 104 y el nodo de red de acceso de radio 102, la métrica de señal (por ejemplo, SNR) entre todos los pares de haces de transmisión o recepción seleccionados de los subconjuntos $\mathcal{B}_{\text{LoS}}$
 15 y $\mathcal{R}_{\text{LoS}}$ puede estar por debajo del primer umbral. En este caso, se puede concluir que no hay un haz de transmisión o recepción de LoS dominante 110, 112, o que no existe ninguna LoS.

20 Si se determina que no hay un haz de transmisión o recepción de LoS dominante 110, 112, o que no existe una LoS, se puede realizar un procedimiento para determinar si hay o no un haz de transmisión o recepción de NLoS dominante 110, 112. Con respecto a esto, un proceso de barrido de haz

adicional que implica los subconjuntos $\mathcal{B}_{\text{NLoS}}$ y $\mathcal{R}_{\text{NLoS}}$ se puede realizar para determinar si la comunicación de RF se puede establecer utilizando un haz de transmisión o recepción de NLoS 110, 112. De manera similar como se describe con

5 relación al caso de LoS, en $|\mathcal{B}_{\text{NLoS}}||\mathcal{R}_{\text{NLoS}}|$ lapsos de tiempo, se realizan mediciones en todos los pares posibles de haces de transmisión o recepción 110, 112 para determinar una métrica de señal (por ejemplo, SNR) para cada uno de los pares

10 posibles. Si la métrica de señal de un par óptimo (por ejemplo, el par de NLoS dominante) de haces de transmisión o recepción 110, 112 está por encima del segundo umbral, entonces puede ser posible establecer comunicación de RF utilizando el par identificado de haces de transmisión o

15 recepción de NLoS 110, 112. Por consiguiente, este proceso puede proporcionar una estimación de la dirección de los haces de transmisión o recepción de NLoS 110, 112. La exactitud de esta estimación puede depender de la

20 granularidad de los subconjuntos $\mathcal{B}_{\text{NLoS}}$ y $\mathcal{R}_{\text{NLoS}}$. En otras palabras similares, si el tamaño de los subconjuntos $\mathcal{B}_{\text{NLoS}}$ y $\mathcal{R}_{\text{NLoS}}$ es relativamente grande, el proceso para determinar el par de NLoS dominante puede producir un resultado

relativamente exacto para la estimación de dirección, pero puede venir a un costo en términos de tiempo de procesamiento. Por el contrario, se puede obtener un resultado relativamente menos exacto, pero más rápidamente,

5 si el tamaño de los subconjuntos $\mathcal{B}_{\text{NLoS}}$ y $\mathcal{R}_{\text{NLoS}}$ es relativamente pequeño. En el caso de que se determine que el par óptimo de $\mathcal{R}_{\text{NLoS}}$ y $\mathcal{B}_{\text{NLoS}}$ tiene una métrica de señal por debajo del segundo umbral, entonces se puede concluir que no

10 hay un haz de transmisión o recepción de NLoS dominante 110, 112, y por consiguiente puede no ser posible establecer comunicación de RF utilizando los haces de transmisión o recepción 110, 112 analizados hasta ahora.

Puede haber algunos escenarios donde haya pares óptimos

15 de haces de transmisión o recepción de LoS y NLoS 110, 112 con el par de NLoS que es dominante sobre el par de LoS. Este escenario se puede presentar cuando la orientación del dispositivo inalámbrico 104 prohíbe que todos sus combinadores de recepción disponibles se apunten hacia una

20 dirección de LoS. En este escenario, se puede determinar la métrica de señal para los libros de códigos completos $\mathcal{B}$ y $\mathcal{R}$. La identificación del par óptimo de haces de transmisión o recepción 110, 112 se puede obtener al comparar la métrica de

señal de los pares de haces de transmisión o recepción de $\mathbf{B}_{L0S}$ y $\mathbf{R}_{L0S}$, y, $\mathbf{B}_{NL0S}$ y $\mathbf{R}_{NL0S}$. El valor de métrica de señal óptimo (por ejemplo, SNR más alta) obtenido de todos los haces de transmisión o recepción 110, 112 probados puede indicar que el haz de transmisión o recepción particular 110, 112 es dominante. Entonces se puede establecer comunicación de RF siempre que la métrica de señal esté por encima de un umbral (por ejemplo, ya sea el primer o segundo umbral).

10 Transmisión no basada en libro de códigos

En el caso de la transmisión no basada en libros de códigos, se pueden aplicar principios similares a aquellos descritos anteriormente con relación a la transmisión basada en libros de códigos. Sin embargo, una diferencia es que un dispositivo de transmisión o recepción (por ejemplo, el dispositivo inalámbrico 104 o el nodo de red de acceso de radio 102) diseña una matriz de conformación de haces de transmisión $\mathbf{P}_k$ como se define en la ecuación (13) en el Anexo A y la matriz de combinación de recepción $\mathbf{W}_k$ en la ecuación (14) en el Anexo A con base en un enfoque no basado en libro de códigos en lugar de seleccionar las matrices de libros de códigos predefinidos. Este proceso se puede implementar independientemente o de manera conjunta en los dos nodos de

comunicación (es decir, el dispositivo inalámbrico 104 y el nodo de red de acceso de radio 102) utilizando una forma de conocimiento de canal. La siguiente descripción se refiere al diseño del conformador de haz de transmisión y el combinador de recepción que se implementa de manera independiente. Sin embargo, para un diseño conjunto de las matrices, el proceso de diseño puede ser el mismo pero la coordinación entre el dispositivo inalámbrico 104 o el nodo de red de acceso de radio 102 se puede implicar más que en la implementación diseñada de manera independiente.

Utilizando la ubicación obtenida del dispositivo inalámbrico 104 como se describe anteriormente, el nodo de red de acceso de radio 102 puede diseñar un formador de haz no basado en libro de códigos (por ejemplo, haz de transmisión) que corresponde a una dirección de LoS candidata. Utilizando la ubicación conocida del nodo de red de acceso de radio 102 con respecto a su propia ubicación aproximada y su conocimiento de su propia orientación (por ejemplo, obtenida mediante sensores integrados), el dispositivo inalámbrico 104 puede diseñar un combinador de recepción (por ejemplo, haz de recepción) que corresponde a una dirección de LoS candidata.

Durante un intervalo de tiempo especificado, al medir y comparar una métrica de señal (por ejemplo, SNR) con un

primer umbral, el dispositivo inalámbrico 104 o el nodo de red de acceso de radio 102 puede determinar si el haz de transmisión o recepción de LoS candidata 110, 112 es indicativo de si hay o no un obstáculo en la LoS y/o si se puede establecer o no la comunicación de RF. Si se desea obtener una estimación más exacta de la dirección del componente de LoS dominante, entonces el proceso anterior se puede repetir para una cantidad de pares diferentes de haces de transmisión o recepción diseñados no basados en libro de códigos 110, 112 que corresponden a una dirección de LoS candidata. En este caso, el par de haces de transmisión o recepción 110, 112 que obtiene un valor métrico de señal óptimo (por ejemplo, la SNR más alta) define la dirección del haz de transmisión o recepción de LoS dominante 110, 112.

Si el par de haces de transmisión o recepción identificados inicialmente 110, 112 no produce una métrica de señal que está por encima del primer umbral (por ejemplo, una SNR insuficiente), se puede concluir que hay un obstáculo entre el dispositivo inalámbrico 104 y el nodo de red de acceso de radio 102. El proceso anterior se puede repetir hasta que se verifiquen las métricas de señal para todas las direcciones de LoS candidatas. Si hay al menos un par de haces de transmisión o recepción 110, 112 que está por encima del primer umbral, entonces se puede concluir que este par es

un haz de transmisión o recepción de LoS dominante 110, 112. El par se puede identificar como el primer par que satisface la métrica de señal (por ejemplo, una SNR suficientemente alta). De manera alternativa, para un grado potencialmente mayor de exactitud, la dirección del haz de transmisión o recepción de LoS dominante 110, 112 se puede obtener del haz de transmisión o recepción 110, 112 con un valor métrico de señal óptimo (por ejemplo, SNR más alta) como se identifica a partir de una pluralidad de diferentes pares de haces de transmisión o recepción 110, 112.

Si todos los haces de recepción o transmisión de LoS candidata 110, 112 tienen valores métricos de señal que están por debajo del primer umbral, se puede concluir que no hay un haz de recepción o transmisión de LoS dominante 110, 112, o que no existe ninguna LoS. En este escenario, puede ser apropiado obtener información con respecto a los haces de transmisión o recepción de NLoS 110, 112. Un proceso similar a ese descrito anteriormente se puede utilizar para diseñar haces de transmisión o recepción no basados en libro de códigos 110, 112 que corresponden a direcciones de NLoS. Si se determina que todos los pares de haces de transmisión o recepción 110, 112 que corresponden a direcciones NLoS tienen valores de métrica de señal por debajo de un segundo umbral, se puede concluir que la comunicación de RF no se puede

establecer utilizando los haces de transmisión o recepción 110, 112 probados hasta ahora. Sin embargo, si el valor métrico de señal para al menos un par está por encima del segundo umbral, se puede establecer comunicación de RF.

5 Puede existir un escenario en el que tanto una LoS como un haz de transmisión o recepción de NLoS 110, 112 estén disponibles pero el haz de transmisión o recepción de NLoS sea dominante. Este escenario se puede presentar si el libro de códigos del dispositivo inalámbrico 104 o su haz de
10 transmisión o recepción 110, 112 diseñado no basado en libro de códigos no puede apuntar hacia una dirección de LoS debido a su orientación. En este caso, se puede considerar que la métrica de señal para un haz de transmisión o recepción de NLoS 110, 112 es óptima sobre una métrica de señal
15 correspondiente obtenida de un haz de transmisión o recepción de LoS 110, 112 (por ejemplo, la SNR para el haz de transmisión o recepción de NLoS 110, 112 puede ser más alta). A fin de establecer qué par es óptimo, tanto para la transmisión basada en libro de códigos como para la
20 transmisión no basada en libro de códigos, el nodo puede determinar la métrica de señal para todas las combinaciones posibles de haces de transmisión o recepción 110, 112 que corresponden a direcciones tanto de LoS como de NLoS. Este proceso puede establecer si el haz de transmisión o recepción

de LoS o NLoS 110, 112 es dominante y proporciona una estimación de la dirección del haz de transmisión o recepción dominante 110, 112.

La identificación y evaluación de un haz de recepción o
5 transmisión de LoS candidato 110, 112 se describe como que se realiza antes de la identificación y evaluación de cualquier haz de recepción o transmisión de NLoS 110, 112. Sin embargo, en una implementación alternativa, esta secuencia se puede invertir tal que los haces de transmisión o recepción de NLoS
10 110, 112 se identifiquen y evalúen antes de la identificación y evaluación de los haces de transmisión o recepción de LoS 110, 112. Esta secuencia alternativa puede ser útil en escenarios donde hay conocimiento previo de la ausencia de una LoS, o al menos que un haz de transmisión o recepción de
15 LoS 110, 112 no es dominante.

La figura 3 es un diagrama esquemático de un nodo 300 de acuerdo con modalidades de la divulgación. El nodo 300 se puede configurar para realizar el método descrito anteriormente con respecto a la figura 2. El nodo 300 puede
20 ser un dispositivo inalámbrico, un nodo de red de acceso de radio o un nodo de red de comunicación.

El nodo 300 comprende circuitería de procesamiento 302 (tal como uno o más procesadores, procesadores de señal digital, unidades de procesamiento de propósito general,

etc.), un medio leíble por máquina 304 (por ejemplo, memoria tal como memoria de sólo lectura (ROM), memoria de acceso aleatorio, memoria asociada, dispositivos de memoria flash, dispositivos de almacenamiento óptico, etc.) y una o más
5 interfaces 306. Las una o más interfaces 306 pueden comprender una pluralidad de elementos de antena configurables para proporcionar una pluralidad de haces de transmisión o recepción. Las interfaces 306 pueden comprender adicionalmente una interfaz para comunicaciones de retroceso,
10 tal como una interfaz inalámbrica, cableada (por ejemplo, alimentación a través de Ethernet) u óptica. Los componentes se ilustran acoplados conjuntamente en serie; sin embargo, aquellos expertos en la técnica apreciarán que los componentes se pueden acoplar conjuntamente de cualquier
15 manera adecuada (por ejemplo, mediante un bus de sistema o semejante).

El nodo 300 es operable en una red de comunicación inalámbrica que comprende un dispositivo inalámbrico, un nodo de red de acceso de radio y uno o más nodos de red de
20 comunicación de luz inalámbrica (LC). De acuerdo con modalidades de la divulgación, el medio leíble por máquina 304 almacena instrucciones que, cuando se ejecutan por la circuitería de procesamiento 302, provocan que el nodo 300: obtenga una indicación de un nodo de red de LC inalámbrica

con el que el dispositivo inalámbrico ha establecido una conexión de LC inalámbrica; obtenga una o más métricas de señal para uno o más haces de transmisión o recepción que se dirigen hacia un área de cobertura del nodo de red de LC inalámbrica indicado, o que se dirigen para recibir transmisiones desde el área de cobertura del nodo de red de LC inalámbrica indicado; y determine si un haz de transmisión o recepción del uno o más haces de transmisión o recepción corresponde o no a una línea de visión, LoS, entre el nodo de red de acceso de radio y el dispositivo inalámbrico con base en una comparación entre la métrica de señal para el haz de transmisión o recepción y un primer umbral.

En modalidades adicionales de la divulgación, el nodo 300 puede comprender circuitería de potencia (no ilustrada). La circuitería de potencia 187 puede comprender, o se acopla a, la circuitería de gestión de potencia y se configura para suministrar a los componentes del nodo de red 300 con potencia para realizar la funcionalidad descrita en la presente. La circuitería de potencia puede recibir potencia de una fuente de alimentación. La fuente de alimentación y/o la circuitería de potencia se pueden configurar para proporcionar potencia a los diversos componentes del nodo 300 en una forma adecuada para los respectivos componentes (por ejemplo, a un nivel de voltaje y corriente necesario para

cada respectivo componente). La fuente de alimentación ya sea se puede incluir en, o estar externo a, la circuitería de potencia y/o el nodo 300. Por ejemplo, el nodo 300 puede ser conectable a una fuente de alimentación externa (por ejemplo, una salida de electricidad) mediante una circuitería de entrada o interfaz tal como un cable eléctrico, por lo cual la fuente de alimentación externa suministra potencia a la circuitería de potencia. Como un ejemplo adicional, la fuente de alimentación puede comprender una fuente de potencia en la forma de una batería o paquete de baterías que se conecta a, o integra en, la circuitería de potencia. La batería puede proporcionar energía de respaldo si falla la fuente de alimentación externa. También se pueden utilizar otros tipos de fuentes de energía, tal como dispositivos fotovoltaicos.

La figura 4 es un diagrama esquemático de un nodo 400 de acuerdo con modalidades de la divulgación. El nodo 400 se puede configurar para realizar el método descrito anteriormente con respecto a la figura 2. El nodo 400 puede ser un dispositivo inalámbrico, un nodo de red de acceso de radio o un nodo de red de comunicación.

El nodo 400 comprende un módulo de obtención 402 y un módulo de determinación 404. El nodo 400 puede comprender adicionalmente una o más interfaces (no ilustradas). La una o más interfaces pueden comprender una pluralidad de elementos

de antena configurables para proporcionar una pluralidad de haces de transmisión o recepción. Las interfaces pueden comprender adicionalmente una interfaz para comunicaciones de retroceso, tal como una interfaz inalámbrica, cableada (por ejemplo, alimentación a través de Ethernet) u óptica.

El nodo 400 es operable en una red de comunicación inalámbrica que comprende un dispositivo inalámbrico, un nodo de red de acceso de radio y uno o más nodos de red de comunicación de luz inalámbrica (LC). De acuerdo con modalidades de la divulgación, el módulo de obtención 402 se configura para obtener una indicación de un nodo de red de LC inalámbrica con el cual el dispositivo inalámbrico ha establecido una conexión de LC inalámbrica. El módulo de obtención 402 se configura además para obtener una o más métricas de señal para uno o más haces de transmisión o recepción que se dirigen hacia un área de cobertura del nodo de red de LC inalámbrica indicado, o que se dirigen para recibir transmisiones desde el área de cobertura del nodo de red de LC inalámbrica indicado. El módulo de determinación 404 se configura para determinar si un haz de transmisión o recepción del uno o más haces de transmisión o recepción corresponde o no a una línea de visión, LoS, entre el nodo de red de acceso de radio y el dispositivo inalámbrico con base en una comparación entre la métrica de señal para el haz de

transmisión o recepción y un primer umbral.

Se debe observar que las modalidades mencionadas anteriormente ilustran en lugar de limitar los conceptos divulgados en la presente, y que aquellos expertos en la técnica serán capaces de diseñar muchas modalidades alternativas sin desviarse del alcance de las siguientes declaraciones anexas. La palabra "que comprende" no excluye la presencia de elementos o pasos distintos de aquellos listados en una declaración, "un" o "una" no excluye una pluralidad, y un procesador individual u otra unidad puede cumplir con las funciones de varias unidades citadas en las declaraciones. Cualquier signo de referencia en las declaraciones no se debe interpretar tal que limite su alcance.

15 Anexo A

Comunicación de luz de punto a punto

Estudios recientes en el ámbito académico y prototipos tempranos de la industria han mostrado que la comunicación de luz visible (VLC) tiene el potencial de llegar a ser un nuevo medio de comunicación inalámbrica interior. Este también es el caso de la Comunicación de Luz (LC) general que despliega frecuencias que no pertenecen al espectro óptico visible, como la luz infrarroja. En particular, se anticipan varios gigabits por segundo (Gb/s) de sistemas de comunicación

inalámbrica que utilizan el espectro óptico con propósitos de comunicación.

El concepto principal detrás de LC es comunicar datos binarios utilizando niveles rápidamente variables de intensidad de luz. En más detalle, uno o múltiples diodos emisores de luz (LED) se despliegan por la fuente transmisora a fin de modular datos binarios en diferentes niveles de intensidad de luz emitida. Los LED desplegados cambian los niveles de la intensidad de luz emitida a tasas que no son perceptibles por el ojo humano. Por consiguiente, la incorporación de LC en un sistema de iluminación no afecta la calidad de la iluminación. El dispositivo receptor detecta los cambios de intensidad de luz emitida utilizando, por ejemplo, fotodetectores (PD), y de esta manera, el dispositivo receptor es capaz de detectar los datos binarios transmitidos. Como se implica anteriormente, debido a la naturaleza del canal óptico, se utiliza el uso de modulación de intensidad (IM) con detección directa (DD) (ver, por ejemplo, un artículo por Kahn y Barry, "Wireless Infrared Communications", Proceedings of the IEEE, vol 85, pp 265-298). Esto significa que la señal transmitida/recibida tiene que ser real y estrictamente positiva. Esto impone ciertas limitaciones en las técnicas de comunicación desplegadas, tanto en la transmisión de portadora individual como de

múltiples portadoras. Sin embargo, debido al área física relativamente grande de un PD en comparación a la longitud de onda de portadora, el desvanecimiento de múltiples rutas está ausente. Por consiguiente, la LC puede utilizar técnicas de procesamiento de señales menos complejas.

Asumiendo un sistema de LC de punto a punto con N_t LED de transmisión y N_r PD de recepción, el canal óptico, en el dominio de tiempo, entre el i -ésimo PD, $i = 1, \dots, N_r^{LC}$, y el j -ésimo LED, $j = 1, \dots, N_t^{LC}$ se proporciona como:

$$h_{i,j}^{LC}(t) = h_{i,j}^{LOS} + h_{i,j}^{NLOS}(t), \quad (1)$$

donde, $h_{i,j}^{LOS}$, representa el componente de línea de visión (LoS), en tanto que, $h_{i,j}^{NLOS}(t)$, representa el componente difuso.

En la literatura académica, el componente de LoS $h_{i,j}^{LOS}$ también se conoce como el componente de corriente continua (CC). El componente difuso $h_{i,j}^{NLOS}(t)$ es el resultado agregado de múltiples reflejos de luz de las superficies circundantes. En (1), $h_{i,j}^{LOS}$ representa la ganancia óptica de LoS, que se proporciona como:

$$h_{ij}^{\text{LOS}} = \begin{cases} \frac{A(k+1)}{2\pi d_{i,j}^2} \cos^k(\phi_{i,j}) \cos(\psi_{i,j}), & 0 \leq \psi_{i,j} \leq \Psi_{\frac{1}{2}} \\ 0, & \psi_{i,j} \geq \Psi_{\frac{1}{2}} \end{cases} \quad (2)$$

donde, A representa el área de cada PD y k es el factor
 5 Lambertiano que denota el orden de direccionalidad. El factor
 Lambertiano k se proporciona como:

$$k = -\frac{\ln(2)}{\ln(\cos(\Phi_{\frac{1}{2}}))} \quad (3)$$

10 con, $\Phi_{\frac{1}{2}}$ que es el semiángulo de transmisor. Además, d es
 la distancia entre el i -ésimo PD y el j -ésimo LED. Los ángulos
 $\phi_{i,j}$ y $\psi_{i,j}$ denotan el ángulo de emisión del j -ésimo LED al i -
 ésimo PD con respecto al plano de transmisor y el ángulo de
 15 incidencia de la luz en el i -ésimo PD desde el j -ésimo LED con
 respecto al vector ortonormal del plano de receptor del i -
 ésimo PD, respectivamente. El semiángulo de campo de visión
 (FOV) de cada PD se denota como $\Psi_{\frac{1}{2}}$. Puesto que los LED y PD
 20 se colocan en un espacio tridimensional, sus posiciones
 espaciales se pueden describir por sus coordenadas
 cartesianas. Por consiguiente, el ángulo $\phi_{i,j}$ y $\psi_{i,j}$ se pueden
 calcular como:

$$\phi_{i,j} = \arccos\left(\frac{\text{dot}(\mathbf{o}_t^j, \mathbf{p}_r^i - \mathbf{p}_t^j)}{d_{i,j}}\right), \quad (4)$$

y,

$$\psi_{i,j} = \arccos\left(\frac{\text{dot}(\mathbf{o}_r^i, \mathbf{p}_t^j - \mathbf{p}_r^i)}{d_{i,j}}\right). \quad (5)$$

5

En (5) y (4), $\text{dot}(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = \mathbf{x}^T \mathbf{y}$, representa el producto interno entre los vectores $\mathbf{x}$ e $\mathbf{y}$. Además, $\mathbf{p}_t^j$ y $\mathbf{p}_r^i$ son 3×1 vectores que representan las coordenadas cartesianas del j -ésimo LED, $j = 1, \dots, N_t^{\text{LC}}$, y, i -ésimo PD, $i = 1, \dots, N_r^{\text{LC}}$, respectivamente. La orientación del j -ésimo LED, $j = 1, \dots, N_t$, se proporciona desde el 3×1 vector ortonormal, $\mathbf{o}_t^j$, que está vertical al plano del LED. De manera similar, el vector ortonormal, $\mathbf{o}_r^i$, que está vertical al plano del i -ésimo PD, representa la orientación del i -ésimo PD. Finalmente, la distancia, $d_{i,j}$, entre el i -ésimo PD y el j -ésimo LED se puede calcular como:

15

20

$$d_{i,j} = \|\mathbf{p}_r^i - \mathbf{p}_t^j\|_2 \quad (6)$$

En escenarios de LC interiores habituales, la mayor parte de la energía de señal óptica se incluye en el

componente de LOS. En más detalle, el componente de LOS incluye 95% de la energía recolectada por los PD. Por consiguiente, con base en mediciones experimentales e investigaciones académicas, el componente difuso, $h_{i,j}^{NLOS}(t)$, se puede descuidar. Por consiguiente, es bastante razonable asumir que:

$$h_{i,j}^{LC}(t) \approx h_{i,j}^{LOS}. \quad (7)$$

A pesar de que el ancho de banda óptico es grande, la comunicación de LC se limita por ancho de banda debido a la naturaleza selectiva de frecuencia de los LED disponibles para la venta. En más detalle, un LED disponible para la venta se comporta como un filtro de paso bajo con una respuesta de frecuencia $H_{LED}(f)$. La forma específica de la respuesta de frecuencia de un LED, $H_{LED}(f)$, depende del tipo específico de LED (azul o blanco). Por consiguiente, se espera que se proporciona en la forma de especificaciones de su fabricante u obtenidas mediante mediciones experimentales.

Se debe observar que $H_{LED}(f)$ no depende de las posiciones específicas de los LED y PD desplegados. Considerando la aproximación del canal óptico en (7) y la respuesta de frecuencia del LED, $H_{LED}(f)$, el canal de LC compuesto, que

incluye tanto el LED como el canal óptico físico real, se expresa (aproximado) como:

$$H_{i,j}^{LC}(f) \approx h_{i,j}^{LOS} H_{LED}(f). \quad (8)$$

Se debe observar que, aquí, sin pérdida de generalidad, se asume indirectamente que todos los LED pertenecen a la misma familia y tienen la misma respuesta de frecuencia. Si este no es el caso, se pueden utilizar índices adicionales en (8) para denotar las diferentes respuestas de frecuencia de cada familia de LED utilizados.

Siempre que la tasa de transmisión se establezca apropiadamente para evitar la interferencia entre símbolos (ISI) o se pueda descuidar la ISI, la ecuación de sistema de un sistema de LC de MIMO de portadora individual se expresa como:

$$\mathbf{y} = r \mathbf{H}_{LED}(f) \mathbf{H}^{LC} \mathbf{x} + \mathbf{w}^{LC}. \quad (9)$$

En (9), el $N_r^{LC} \times 1$ vector de señal recibida se expresa como $\mathbf{y}$; la respuesta del PD, en A/W, se denota por r ; $\mathbf{H}^{LC}$ es una $N_r^{LC} \times N_t^{LC}$ matriz que denota el canal de MIMO físico óptico; el (i,j) elemento de $\mathbf{H}^{LC}$, $i = 1, \dots, N_r^{LC}$, y, $j = 1, \dots, N_t^{LC}$, se proporciona por (2); $\mathbf{x}$ es el $N_t^{LC} \times 1$ vector de señal óptica

transmitido; los elementos de $\mathbf{x}$ dependen del esquema de transmisión de MIMO desplegado y la constelación utilizada para modular ópticamente datos binarios; finalmente, $\mathbf{w}^{LC}$ es un $N_r^{LC} \times 1$ vector que representa el efecto compuesto de disparo ambiental y ruido térmico.

Debido a la naturaleza del canal óptico, la formación de comunicación basada en multiplexación de división de frecuencia ortogonal (OFDM) es más desafiante en comparación a la comunicación de radiofrecuencia (RF). En más detalle, como se menciona anteriormente, el canal óptico soporta la transmisión de señales reales y no negativas. Por consiguiente, el diseño de una LC de múltiples portadoras implica el tratamiento de la limitación anterior. Una técnica para crear señales reales a partir de señales complejas es el uso de transformada de Fourier rápida inversa (IFFT) combinada con su simetría hermitiana en el dominio de frecuencia. Esta técnica crea señales reales, que pueden ser negativas o positivas, al sacrificar la mitad de las subportadoras disponibles. Como las señales resultantes siguen siendo negativas o positivas (bipolares), se pueden representar/aproximar en una forma positiva (unipolares). En la literatura, esto se ha logrado utilizando diferentes

enfoques. Esto dio por resultado una plétora de esquemas de modulación óptica basados en OFDM (por ejemplo, como se describe en un artículo por Tsonev, Sinanovic y Haas, "Complete Modeling of Nonlinear Distortion in OFDM-Based Optical Wireless Communications", Journal of Lightwave Technology, vol 31, pp 3064-3076). Un ejemplo es el DCO-OFDM que simplemente introduce un sesgo de CC a las señales bipolares resultantes combinadas con recortes (para remover los valores grandes). A pesar de la plétora de esquemas basados en OFDM diferentes, todos los esquemas tienen como objetivo crear una cantidad de subportadoras ortogonales que forman un espectro de transmisión plano. Independientemente del esquema de modulación óptica basado en OFDM considerado, la k -ésima subportadora se describe matemáticamente como:

15

$$\mathbf{y}_k = \mathbf{H}_{\text{LED}}(f_k) \mathbf{H}^{\text{LC}} \mathbf{x}_k + \mathbf{w}_k, \quad (10)$$

$k = 1 \dots, N_c^{\text{LC}}$, después de aplicar el IFFT y el procesamiento de representación apropiado. El último procesamiento depende del esquema óptico específico basado en OFDM. Aquí, N_c^{LC} es el número de las subportadoras creadas. Se debe observar que la ecuación anterior se retiene siempre que se ignore cualquier forma de distorsión lineal y no lineal, tal como el recorte para DC-OFDM.

20

Despliegue celular en redes de LC

De manera similar a la comunicación de RF, LC se puede utilizar en un despliegue celular donde múltiples puntos de acceso (AP) se dedican para proporcionar cobertura inalámbrica en un espacio interior. Por ejemplo, múltiples luminarias que actúan como AP de LC se pueden colocar apropiadamente en el techo de una habitación con los propósitos de iluminación y comunicación inalámbrica óptica. Aquí, se asume que los AP de LC considerados se interconectan utilizando una conexión de retroceso, tal como alimentación a través de Ethernet. El objetivo principal de la comunicación celular es incrementar el número de estaciones servidas (STA) al separar espacialmente el espacio considerado (interior) en múltiples celdas. A cada celda se asigna un cierto número de STA que se sirven en una cierta porción del espectro óptico disponible. La asignación de espectro en cada celda depende de la política considerada y del factor de reutilización de frecuencia. El valor del factor de reutilización de frecuencia determina el nivel de interferencia observado por cada celda. En el límite, todo el espectro se utiliza de principio a fin de la red celular y se observa el nivel más alto de interferencia. Además, cada STA se asocia con un AP específico (celda) con base en una cierta función objetiva. Por ejemplo, un método es asociar cada STA al AP que

proporciona el valor más alto de relación de señal a interferencia más ruido (SINR). Un método alternativo es asociar cada STA al AP con la proximidad espacial más cercana. Se debe observar que en LC, debido a la naturaleza direccional del canal inalámbrico óptico, la formación de un sistema celular de LC se ve fuertemente influenciada por la configuración geométrica del AP y las posiciones y orientaciones espaciales de las STA. Esto llega a ser claro al observar (2) y (8). A través de (2) y (8), se puede ver que los parámetros de la configuración espacial de un transceptor junto con sus especificaciones ópticas determinan el valor exacto de su canal óptico y, por consiguiente, su SINR de recepción observada.

Posicionamiento aproximado en redes celulares de LC

Una característica importante de LC es la naturaleza muy direccional de su canal óptico, especialmente bajo el uso de lentes. En particular, esto se puede ver claramente de (2) y (8), donde el canal inalámbrico óptico se aproxima en una forma conveniente. En más detalle, (2) y (8) muestran que el canal de LC se determina por la configuración geométrica del transceptor considerado y las especificaciones de los LED y PD desplegados.

La SINR de recepción alcanzada de un transceptor de LC,

en la k -ésima subportadora, se proporciona como:

$$\text{SINR}_k = \frac{r^2 H_{\text{LED}}(f_k)^2 \|\mathbf{H}^{\text{LC}}\|_{\text{F}}^2 P_k^2}{N_k + I_k}, \quad (11)$$

5 donde, P_k es la potencia óptica transmitida en la k -ésima subportadora; N_k es la varianza del ruido gaussiano y de disparo en la k -ésima subportadora; y I_k es la potencia de interferencia en la k -ésima subportadora. Aquí, $\|\cdot\|_{\text{F}}$ es la
10 norma de Frobenius.

En las futuras redes de LC celular, se puede asumir que la interferencia estará bien controlada debido a la planificación cuidadosa de despliegue del LED de transmisión. Por consiguiente, el efecto de la interferencia se puede
15 asumir ya sea como insignificante ($I_k \approx 0$) o el valor de la interferencia, I_k , se puede estimar o limitar exactamente para cualquier posición determinada en el espacio. En particular, para cada celda de LC considerada, el nivel máximo de
20 interferencia, I_{max} , se puede calcular fuera de línea para la región de cobertura de cada celda. Por consiguiente, para cada celda de LC, la interferencia, I_k , en (11) se puede tratar como una cantidad determinista que se conoce. Por esta

razón, la observación concurrente de (2)-(8), y (11) muestra que el valor de $SINR_k$ se puede estimar/limitar exactamente a partir de (11) para cada posición en el espacio tridimensional. Por consiguiente, si el método de asociación celular utilizado por una red celular de LC es con base en el valor de $SINR_k$ en (11), para una, una porción, o todas las subportadoras disponibles, el área de cobertura de cada celda se puede definir y estimar exactamente. El resultado directo de esta conclusión es que, cuando un receptor de LC se asocia con una cierta celda, la red puede conocer exactamente la posición aproximada de este receptor. Obviamente, esto se retiene directamente cuando la asociación de celda es con base en la posición espacial del receptor de LC.

En general, se puede concluir que, debido a la naturaleza direccional del canal de LC, el espacio de cobertura de una celda de LC se puede estimar exactamente a partir de la red. Por consiguiente, cuando un receptor de LC se asocia con una celda de LC específica, su posición aproximada se conoce directamente por la red.

Conformación de haces de MIMO de RF de punto a punto

Asumiendo un transceptor de múltiples antenas en un sistema de comunicación basado en OFDM de RF, la señal

recibida para la k -ésima subportadora se expresa como:

$$\mathbf{y}_k^{\text{RF}} = \mathbf{W}_k^H \mathbf{H}_k^{\text{RF}} \mathbf{P}_k \mathbf{x}_k^{\text{RF}} + \mathbf{w}_k^{\text{RF}}, \quad (12)$$

5 Aquí, N_c^{RF} es el número de las subportadoras de RF
 totales. En (12), para la k -ésima subportadora, $\mathbf{y}_k$ representa
 el vector de señal recibida; $\mathbf{W}_k$ representa el $N_r^{\text{RF}} \times s$
 combinador, s que es el número de corrientes de símbolos
 10 transmitidos desde el transmisor al receptor; $\mathbf{H}_k^{\text{RF}}$ es el
 $N_r^{\text{RF}} \times N_t^{\text{RF}}$ canal inalámbrico de RF; $\mathbf{P}_k$ denota el $N_t^{\text{RF}} \times s$
 conformador de haces en el transmisor; $\mathbf{x}_k^{\text{RF}}$ significa el $s \times 1$
 15 vector de transporte de información; y $\mathbf{w}_k^{\text{RF}} = \mathbf{W}_k^H \mathbf{n}_k$ es el $N_r^{\text{RF}} \times 1$
 ruido aditivo en el receptor. Aquí, $\mathbf{n}_k$ es un $N_r^{\text{RF}} \times 1$ vector
 que representa el ruido Gaussiano complejo. Además, $(\cdot)^H$
 denota la matriz Hermitiana.

20 Se asume que el transceptor de múltiples antenas de RF
 tiene una arquitectura híbrida. En particular, se utilizan
 matrices tanto de combinación de recepción como de
 conformación de haces analógicos y digitales. En este caso,
 la matriz de conformación de haces de transmisión se expresa

como:

$$\mathbf{P}_k = \mathbf{B}\mathbf{P}_k^D, \quad (13)$$

donde, $\mathbf{B}$ y $\mathbf{P}_k^D$ son el $N_t^{\text{RF}} \times t$ conformador de haz analógico
 5 (por ejemplo, que corresponde a un haz de transmisión) y el
 $t \times s$ precodificador digital para la k -ésima subportadora,
 respectivamente. Aquí, t es el número de cadenas de RF en el
 transmisor. De manera similar, el combinador híbrido $\mathbf{W}_k$ se
 10 expresa como:

$$\mathbf{W}_k = \mathbf{R}\mathbf{W}_k^D, \quad (14)$$

donde, $\mathbf{R}$ es el $N_r^{\text{RF}} \times r$ combinador analógico (por ejemplo,
 15 que corresponde a un haz de recepción) y $\mathbf{W}_k^D$ es el $s \times r$
 combinador digital para la k -ésima subportadora. En el
 sistema considerado, el número de las corrientes de símbolos
 paralelos, s , transmitidos desde el transmisor hasta el
 20 receptor se proporciona como, $s = \min(t, r)$. En (13) y (14), $\mathbf{B}$ y

$\mathbf{R}$ son matrices que aplican procesamiento analógico, es decir,
 procesamiento de fase, y son iguales para todas las
 subportadoras. El procesamiento analógico anterior se puede

implementar con desplazadores de fase de RF o elementos de retardo que tienen estados finitos. En contraste, $\mathbf{P}_k^D$ y $\mathbf{W}_k^D$ son matrices que aplican el procesamiento digital, que es el procesamiento tanto de fase como de amplitud. Se observa que se pueden aplicar diferentes matrices de conformación de haces y combinación digital en diferentes subportadoras.

En general, debido a las limitaciones de complejidad, se espera que, $t \ll N_t^{RF}$, y, $r \ll N_r^{RF}$. Esto significa que el número de antenas en el transmisor es significativamente mayor que el número de sus cadenas de RF. De manera similar, el número de antenas en el receptor es significativamente más alto que el número de sus cadenas de RF. Esto es pertinente puesto que las cadenas de RF son costosas e implican circuitos voluminosos. Adicionalmente, su mejora tecnológica se considera más lenta en comparación al resto de la circuitería del transceptor. En el transmisor, cada cadena de RF se suministra con un amplificador de potencia (PA). Se entiende que los AP en el transmisor son responsables de una porción significativa del consumo de potencia total. Por consiguiente, desde el punto de vista de consumo de energía, existe un interés en reducir el número de cadenas de RF desplegadas en el transmisor. Además, como se muestra a continuación, el uso de procesamiento híbrido en el

transceptor permite el diseño rápido de las matrices de precodificación y peinado, $\mathbf{P}_k$ y $\mathbf{W}_k$, respectivamente. Esto es particularmente útil en escenarios de aplicaciones de MIMO masivas y en las bandas de ondas milimétricas donde se espera
 5 que los valores de N_r^{RF} y N_t^{RF} sean grandes.

Un enfoque eficiente para diseñar el precodificador de transmisión, $\mathbf{P}_k$, y el combinador de recepción, $\mathbf{W}_k$, puede ser
 10 dividir el proceso de diseño en dos fases. En la primera fase se sigue un enfoque basado en libro de códigos. Por consiguiente, la matriz de conformación de haces analógica $\mathbf{B}$ se selecciona de un conjunto de posibles matrices de conformación de haces $\mathcal{B} = \{\mathbf{B}_1, \dots, \mathbf{B}_{|\mathcal{B}|}\}$, en tanto que, la matriz
 15 de combinación analógica $\mathbf{R}$ se selecciona de un conjunto de posibles matrices de combinación $\mathcal{R} = \{\mathbf{R}_1, \dots, \mathbf{R}_{|\mathcal{R}|}\}$. En general, antes de la transmisión de información real, el mejor par de
 20 haces de transmisión y recepción, denotados como $\mathbf{B}_{\text{opt}}$ y $\mathbf{R}_{\text{opt}}$, se seleccionan de $\mathcal{B}$ y $\mathcal{R}$, respectivamente, mediante un proceso de entrenamiento. En particular, durante este proceso, el transmisor y el receptor intentan (por ejemplo,

barrer) todas las combinaciones posibles de $\mathbf{B}_i \in \mathcal{B}$, $i = 1, \dots, |\mathcal{B}|$,
y $\mathbf{R}_i \in \mathcal{R}$, $i = 1, \dots, |\mathcal{R}|$, a fin de determinar el mejor par de haces
de transmisión y recepción $\mathbf{B}_{\text{opt}}$ y $\mathbf{R}_{\text{opt}}$. La selección del mejor
5 par se puede realizar con base en una cierta métrica de
selección. Por ejemplo, $\mathbf{B}_{\text{opt}}$ y $\mathbf{R}_{\text{opt}}$ puede corresponder a los
haces de transmisión y recepción que dan por resultado la
SINR más alta. Este proceso se llama barrido de haz. El
10 proceso de barrido de haz especifica $|\mathcal{B}||\mathcal{R}|$ lapsos de tiempo a
fin de probar todas las combinaciones posibles de haces y
combinadores de $\mathcal{B}$ y $\mathcal{R}$. En la comunicación basada en dúplex
de división de frecuencia (FDD), el barrido de haz se repite
15 tanto en enlace ascendente (UL) como en enlace descendente
(DL). En tanto que, en la comunicación basada en dúplex de
división de tiempo (TDD), la reciprocidad de canal se puede
explotar para ejecutar el barrido de haz ya sea en el DL o en
el UL. Se observa que, en ambos casos, el proceso de barrido
20 de haz se concluye una vez que se transmite la
retroalimentación. En ambos casos, los tamaños de $\mathcal{B}$ y $\mathcal{R}$, $|\mathcal{B}|$
y $|\mathcal{R}|$, respectivamente, determinan la duración del proceso de

entrenamiento. Los valores más grandes de $|\mathcal{B}|$ y $|\mathcal{R}|$ (más haces en $\mathcal{B}$ y $\mathcal{R}$) dan por resultado un proceso de entrenamiento de barrido de haz más largo.

5 En la segunda fase, siempre que las matrices de procesamiento analógico $\mathbf{B}$ y $\mathbf{R}$ estén disponibles de la fase anterior, las matrices de precodificación digital $\mathbf{P}_k^D$ y las matrices de combinación digital $\mathbf{W}_k^D$, con $k = 1, \dots, N_c^{\text{RF}}$, se
10 diseñan con base en el canal virtual resultante:

$$\bar{\mathbf{H}}_k^{\text{RF}} = \mathbf{R}^H \mathbf{H}_k^{\text{RF}} \mathbf{B}, \quad (15)$$

para cualquier método determinado. Los ejemplos de estos métodos son el enfoque de forzamiento cero (ZF) y de error cuadrático medio mínimo lineal (LMMSE). Además, esto se puede
15 hacer en un enfoque basado en libro de códigos o no basado en libro de códigos. Se observa que el tamaño de $\bar{\mathbf{H}}_k^{\text{RF}}$ en (15) es $r \times t$ que usualmente es significativamente más pequeño que el
20 tamaño de $\mathbf{H}_k^{\text{RF}}$ que es $N_r^{\text{RF}} \times N_t^{\text{RF}}$. Esto es debido a la suposición de que $t \ll N_t^{\text{RF}}$, y, $r \ll N_r^{\text{RF}}$. Por consiguiente, la estimación de $\bar{\mathbf{H}}_k^{\text{RF}}$ es más simple y más rápida que la estimación de $\mathbf{H}_k^{\text{RF}}$.

Además, para un método de diseño determinado, el cálculo de las matrices de procesamiento digital $\mathbf{P}_k^D$ y $\mathbf{W}_k^D$ también se simplifica al considerar $\bar{\mathbf{H}}_k^{\text{RF}}$ en lugar de $\mathbf{H}_k^{\text{RF}}$.

5 Se observa que en una implementación de sistema real los conjuntos $\mathcal{B}$ y $\mathcal{R}$ son finitos. Esto es debido al hecho de que los desplazadores de fase desplegados o los elementos de retardo tienen estados finitos. Los elementos de $\mathcal{T}$
 10 corresponden a haces de transmisión analógica de cierta dirección y forma. De manera similar, los elementos de $\mathcal{R}$ representan combinan/reciben haces analógicos con una cierta dirección y forma. La forma de los haces de transmisión y
 15 recepción en $\mathcal{B}$ y $\mathcal{R}$, respectivamente, depende de la geometría de los paneles de antena de transmisión y recepción. En general, un panel de antena acomoda múltiples elementos de antena colocados en una cierta estructura unidimensional, bidimensional o tridimensional, donde diferentes grupos de
 20 elementos de antena pueden tener diferente polarización. Por ejemplo, recientemente, en el Proyecto de Asociación de Tercera Generación (3GPP), se han utilizado paneles rectangulares bidimensionales con elementos de polarización cruzada. Este despliegue de antena es capaz de producir haces

que se pueden enfocar en diferentes direcciones en el espacio tridimensional. Esto significa que los haces producidos tienen diferentes orientaciones en el dominio de elevación y azimut. En general, los haces en $\mathcal{B}$ llegan a ser más nítidos y más direccionales conforme se incrementa el número de antenas de transmisión, N_t^{RF} . Por consiguiente, como el número de antenas de transmisión se incrementa, el tamaño de $\mathcal{B}$, $|\mathcal{B}|$, también se incrementa a fin de cubrir un cierto espacio de 3 dimensiones. Lo mismo se mantiene para los haces de recepción en $\mathcal{R}$. Conforme se incrementa el número de antenas de recepción, los haces de recepción llegan a ser más nítidos y más direccionales. Además, también se incrementa el número de haces disponibles en $\mathcal{R}$, $|\mathcal{R}|$. Se debe observar que este escenario de despliegue se alinea con las necesidades de un sistema de comunicación que opera en la banda de onda milimétrica donde N_t^{RF} y N_r^{RF} necesita ser grande.

Se debe observar que el modelo de sistema de (12) también es capaz de representar: i) un transceptor analógico, ii) un transceptor con un transmisor analógico y un receptor híbrido, y iii) un transceptor con un transmisor híbrido y un receptor analógico. Esto se realiza al seleccionar

apropiadamente los valores de N_t^{RF} , t , N_r^{RF} , y r . De manera similar, (12) representa un transceptor de corriente individual cuando $s = 1$, y un transceptor de múltiples corrientes cuando $s > 1$. Por consiguiente, aunque la descripción anterior se refiere a un transceptor de RF híbrido, sus propuestas y conclusiones se aplican directamente a los tres tipos de transceptores anteriores. Además, se observa que (12) es capaz de describir tanto la transmisión basada en libro de códigos como la transmisión no basada en libro de códigos y esto depende del enfoque utilizado para seleccionar/diseñar $\mathbf{P}_k$ en (13) y $\mathbf{W}_k$ en (14).

Conformación de haces de MIMO digital de RF de punto a punto

En el escenario de conformación de haces y combinación digital puro, el transmisor se suministra con N_t^{RF} cadenas de RF, en tanto que el receptor se suministra con N_r^{RF} cadena de RF. En este escenario y a fin de alinearse con la notación descrita anteriormente, se asume que, $t = N_t^{\text{RF}}$, $\mathbf{B} = \mathbf{I}_{N_t}$, $r = N_r^{\text{RF}}$, y, $\mathbf{R} = \mathbf{I}_{N_r}$. En este caso, considerando los supuestos anteriores (13) y (14), (12) se expresa como:

$$\mathbf{y}_k^{\text{RF}} = (\mathbf{W}_k^D)^H \mathbf{H}_k^{\text{RF}} \mathbf{P}_k^D \mathbf{x}_k^{\text{RF}} + \mathbf{w}_k^{\text{RF}}, \quad (16)$$

donde, $\mathbf{W}_k^D$ es una $N_r^{\text{RF}} \times s$ matriz, en tanto que, $\mathbf{P}_k^D$ es una $N_t^{\text{RF}} \times s$ matriz. En un sistema de conformación de haces y combinación digital basado en libro de códigos, las matrices $\mathbf{W}_k^D$ y $\mathbf{P}_k^D$ se seleccionan del conjunto de posibles matrices de conformación de haces $\mathcal{P} = \{\mathbf{P}_1, \dots, \mathbf{P}_{|\mathcal{P}|}\}$, y el conjunto de posibles matrices de combinación $\mathcal{W} = \{\mathbf{W}_1, \dots, \mathbf{W}_{|\mathcal{W}|}\}$, respectivamente. El proceso de selección del combinador y conformador de haces digital óptimos de $\mathcal{P}$ y $\mathcal{W}$, respectivamente, es el mismo que el proceso de selección de las matrices de combinación y conformación de haces analógicas óptimas descritas anteriormente. En particular, el transceptor necesita barrer todas las combinaciones posibles de matrices de conformación de haces digital $\mathcal{P}$ y las matrices de combinación digital de $\mathcal{W}$ a fin de seleccionar el par óptimo. Por consiguiente, el análisis presentado anteriormente con respecto al número de lapsos de tiempo especificados para seleccionar el par óptimo de matrices de procesamiento digital y la manera en que este número se ve afectado por los tamaños de $\mathcal{P}$ y $\mathcal{W}$ es

directamente aplicable a un transceptor basado en libro de
códigos descrito por (16).

Alternativamente, las matrices $\mathbf{W}_k^D$ y $\mathbf{P}_k^D$ en (16) se
pueden diseñar con base en un enfoque no de libro de códigos.

Usualmente, esto se realiza con base en el conocimiento de
canal disponible. Puede haber diseños donde las matrices $\mathbf{W}_k^D$

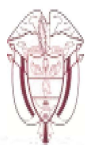
y $\mathbf{P}_k^D$ se calculan de manera independiente entre sí o
conjuntamente en uno de los extremos de comunicación.

5

10

15

20



**Superintendencia de
Industria y Comercio**

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO

NIT: 800.176.089-2

COMPROBANTE DE RECAUDO SISTEMA SIPI

Radicado: NC2022/0000068
Recibo: 25-118326
Fecha: 19/02/2025

CAROLINA MERCEDES DAZA MONTALVO
CC: 66.783.790
Pago PSE No: 1075081
CUS: 1278740484

Patente PCT
MÉTODOS, APARATOS Y MEDIOS LEÍBLES POR MÁQUINA CON RELACIÓN A LA COMUNICACIÓN
INALÁMBRICA EN REDES DE COMUNICACIÓN

Detalle del pago

Id.	Rentístico	Concepto y Servicio	Cant.	Val. Unit.	Subtotal
1	50005-01-03	Modificaciones / Correcciones al registro Patente PCT (DESCUENTO INTERNET)	1	\$ 226,000	\$ 226,000
TOTAL					\$ 226,000