

MÉTODOS, APARATOS Y MEDIOS LEGIBLES POR MÁQUINA
REFERIDOS AL ACCESO INALÁMBRICO EN REDES DE COMUNICACIÓN

Campo de la técnica

Realizaciones de la divulgación se refieren al acceso inalámbrico en redes de comunicación, y se refieren particularmente a métodos, aparatos y medios legibles por máquina para el acceso inalámbrico en redes de comunicación que comprenden nodos de red de acceso radioeléctrico y nodos de red de comunicación inalámbrica por luz.

Antecedentes

El equipamiento de los puntos de transmisión para redes de radiocomunicación inalámbrica con sistemas avanzados de antenas está en crecimiento. Estos sistemas de antenas aumentan la capacidad y/o cobertura de los sistemas inalámbricos existentes mediante la adición de conjuntos de antenas. Esto permite el uso de técnicas de conformación del haz para aumentar la intensidad de señal recibida para las señales transmitidas en y recibidas desde una dirección particular. De manera similar, se proporcionan dispositivos inalámbricos con transceptores multiantena. Así, también son capaces de aplicar técnicas de conformación del haz para beneficiarse de la ganancia de la conformación del haz en direcciones particulares, tanto para las señales transmitidas como para las recibidas.

A los efectos de beneficiarse de las ganancias de la conformación del haz, un dispositivo transmisor, ya sea un punto de acceso (AP) o un dispositivo inalámbrico, debe determinar un haz de transmisión adecuado (p. ej., forma y/o dirección) para transmitir haces con mayor ganancia en la dirección del dispositivo receptor. De manera similar, un dispositivo receptor, ya sea un AP o un dispositivo inalámbrico, debe determinar un haz de recepción adecuado (p. ej., forma y/o dirección) para recibir haces con mayor ganancia en la dirección del dispositivo transmisor.

Este resultado se logra usualmente mediante un proceso conocido como barrido del haz, en el que el dispositivo transmisor transmite haces en todas las direcciones predefinidas, p. ej., en una ráfaga y/o en un intervalo regular. El dispositivo receptor lleva a cabo mediciones en esos haces usando todos sus haces receptores, e informa las mediciones al dispositivo transmisor para que pueda determinarse un par de haces de transmisión-recepción adecuado. Para asegurarse de que se elige el par de haces más adecuado, se llevan a cabo transmisiones y mediciones correspondientes para todos los pares de haces de transmisión-recepción posibles.

Esta selección de pares de haces de transmisión-recepción puede llevarse a cabo como parte de varios procesos diferentes en la red. Por ejemplo, el par de haces de recepción-transmisión puede determinarse en el acceso inicial del sistema a la red de radiocomunicación inalámbrica, durante el traspaso de un punto de acceso radioeléctrico a otro, después de la falla del enlace de haces radioeléctricos y/o durante una conexión en curso (p. ej., para garantizar que el par de haces óptimo se siga usando con el tiempo). En este último caso, el par de haces puede volverse a determinar periódicamente, o sobre una base de eventos (p. ej., en respuesta a la calidad de la señal recibida o a la caída de intensidad por debajo de un umbral).

Para asegurarse de que se elige el par de haces más adecuado, se llevan a cabo transmisiones y mediciones correspondientes para todos los pares de haces de transmisión-recepción posibles. Esto puede llevar un tiempo considerable e implicar una considerable sobrecarga de señalización en la red. Si el proceso pudiera hacerse más rápido o más eficiente, se liberarían recursos radioeléctricos para otros dispositivos que intentaran acceder a la red.

Sumario

Las realizaciones de la presente divulgación pretenden abordar estos y otros problemas.

En un aspecto, se proporciona un método llevado a cabo por un nodo de red de acceso radioeléctrico para seleccionar un haz de transmisión o recepción para la comunicación con un dispositivo inalámbrico en una red de comunicación. El nodo de red de acceso radioeléctrico comprende una pluralidad de elementos de antena configurables para proporcionar una pluralidad de haces de transmisión o recepción. La red de comunicación comprende además uno o más nodos de red de comunicación inalámbrica por luz, LC. El método comprende: obtener información que identifica un nodo de red inalámbrica LC al que se conecta el dispositivo inalámbrico; según el nodo de red inalámbrica LC identificado, seleccionar un subconjunto de la pluralidad de haces de transmisión o recepción; e iniciar un procedimiento de barrido del haz usando el subconjunto de haces de transmisión o recepción para seleccionar un haz de transmisión o recepción para la comunicación con el dispositivo inalámbrico.

También se proporcionan aparatos y medios no transitorios legibles por máquina para llevar a cabo el método indicado anteriormente. Por ejemplo, en un aspecto, se proporciona un nodo de red de acceso radioeléctrico, configurado para llevar a cabo el método (y otros métodos indicados en el presente documento). En otro aspecto, se proporciona un nodo de red de acceso radioeléctrico para seleccionar un haz de transmisión o recepción para la comunicación con un dispositivo inalámbrico en una red de comunicación. La red de comunicación comprende además uno o más nodos de red de comunicación inalámbrica por luz, LC. El nodo de red de acceso radioeléctrico comprende circuitería de procesamiento, un medio no transitorio legible por máquina y una pluralidad de elementos de antena configurables para proporcionar una pluralidad de haces de transmisión o recepción. El medio no transitorio legible por máquina almacena instrucciones que, cuando son ejecutadas por la circuitería de procesamiento, causan que el nodo de red de acceso radioeléctrico: obtenga información que identifique un nodo de red inalámbrica

LC al que se conecta el dispositivo inalámbrico; según el nodo de red inalámbrica LC identificado, seleccione un subconjunto de la pluralidad de haces de transmisión o recepción; e inicie un procedimiento de barrido del haz usando el subconjunto de haces de transmisión o recepción para seleccionar un haz de transmisión o recepción para la comunicación con el dispositivo inalámbrico.

En otro aspecto, se proporciona un método llevado a cabo por un dispositivo inalámbrico para seleccionar un haz de transmisión o recepción para la comunicación con un nodo de red de acceso radioeléctrico en una red de comunicación. El dispositivo inalámbrico comprende una pluralidad de elementos de antena configurables para proporcionar una pluralidad de haces de transmisión o recepción. La red de comunicación comprende además uno o más nodos de red de comunicación inalámbrica por luz, LC. El método comprende: conectarse a un nodo de red inalámbrica LC; según el nodo de red inalámbrica LC al que se conecta el dispositivo inalámbrico, seleccionar un subconjunto de la pluralidad de haces de transmisión o recepción; y llevar a cabo un procedimiento de barrido del haz usando el subconjunto de haces de transmisión o recepción para seleccionar un haz de transmisión o recepción para la comunicación con el nodo de red de acceso radioeléctrico.

También se proporcionan aparatos y medios no transitorios legibles por máquina para llevar a cabo el método indicado anteriormente. Por ejemplo, en un aspecto, se proporciona un dispositivo inalámbrico, configurado para llevar a cabo el método (y otros métodos indicados en el presente documento). En otro aspecto, se proporciona un dispositivo inalámbrico para seleccionar un haz de transmisión o recepción para la comunicación con un nodo de red de acceso radioeléctrico en una red de comunicación. La red de comunicación comprende además uno o más nodos de red de comunicación inalámbrica por luz, LC. El dispositivo inalámbrico comprende circuitería de procesamiento, un medio no transitorio legible por máquina y una pluralidad de elementos de antena

configurables para proporcionar una pluralidad de haces de transmisión o recepción. El medio no transitorio legible por máquina almacena instrucciones que, cuando son ejecutadas por la circuitería de procesamiento, causan que el dispositivo inalámbrico: se conecte a un nodo de red inalámbrica LC; según el nodo de red inalámbrica LC al que se conecta el dispositivo inalámbrico, seleccione un subconjunto de la pluralidad de haces de transmisión o recepción; y lleve a cabo un procedimiento de barrido del haz usando el subconjunto de haces de transmisión o recepción para seleccionar un haz de transmisión o recepción para la comunicación con el nodo de red de acceso radioeléctrico.

Un aspecto más proporciona un método llevado a cabo por un nodo de red de comunicación inalámbrica por luz (LC) en una red de comunicación. La red de comunicación comprende además uno o más nodos de red de acceso radioeléctrico, cada nodo de red de acceso radioeléctrico forma una respectiva celda radioeléctrica. El método comprende: establecer una conexión inalámbrica LC con un dispositivo inalámbrico; y transmitir, a un nodo de red de acceso radioeléctrico, un mensaje de información que comprende una indicación de que el dispositivo inalámbrico se conecta al nodo de red inalámbrica LC.

También se proporcionan aparatos y medios no transitorios legibles por máquina para llevar a cabo el método indicado anteriormente. Por ejemplo, en un aspecto, se proporciona un nodo de red inalámbrica LC, configurado para llevar a cabo el método (y otros métodos indicados en el presente documento). En otro aspecto, se proporciona un nodo de red de comunicación inalámbrica por luz (LC) en una red de comunicación. La red de comunicación comprende además uno o más nodos de red de acceso radioeléctrico, cada nodo de red de acceso radioeléctrico forma una respectiva celda radioeléctrica. El nodo de red inalámbrica LC comprende circuitería de procesamiento y un medio de almacenamiento no transitorio legible por máquina que, cuando es ejecutado por la circuitería de procesamiento, causa que el nodo de red inalámbrica LC:

establezca una conexión inalámbrica LC con un dispositivo inalámbrico; y transmita, a un nodo de red de acceso radioeléctrico, un mensaje de información que comprende una indicación de que el dispositivo inalámbrico se conecta al nodo de red inalámbrica LC.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Para una mejor comprensión de los ejemplos de la presente divulgación y para mostrar con mayor claridad la manera en que pueden ponerse en práctica los ejemplos, ahora y meramente a título de ejemplo, se hará referencia a los siguientes dibujos, en los cuales:

Las Figuras 1a y 1b son diagramas esquemáticos que muestran la conformación del haz en una red de comunicación según realizaciones de la divulgación;

la Figura 2 es un diagrama de señalización según realizaciones de la divulgación;

la Figura 3 es un esquema de operaciones de un método llevado a cabo por un nodo de red de acceso radioeléctrico según realizaciones de la divulgación;

la Figura 4 es un esquema de operaciones de un método llevado a cabo por un dispositivo inalámbrico según realizaciones de la divulgación;

la Figura 5 es un esquema de operaciones de un método llevado a cabo por un nodo de red de comunicación inalámbrica por luz según realizaciones de la divulgación;

las Figuras 6 y 7 son diagramas esquemáticos de un nodo de red de acceso radioeléctrico según realizaciones de la divulgación;

las Figuras 8 y 9 son diagramas esquemáticos de un dispositivo inalámbrico según realizaciones de la divulgación;

las Figuras 10 y 11 son diagramas esquemáticos de un nodo de red de comunicación inalámbrica por luz según realizaciones de la divulgación;

la Figura 12 muestra una red de telecomunicaciones conectada a través de una red intermedia a un equipo central de conformidad con algunas realizaciones de la divulgación;

la Figura 13 muestra un equipo central comunicándose a través de una estación base con un equipo de usuario sobre una conexión parcialmente inalámbrica de conformidad con algunas realizaciones de la divulgación; y

las Figuras 14 a 17 muestran métodos implementados en un sistema de comunicación que incluye un equipo central, una estación base y un equipo de usuario de conformidad con algunas realizaciones de la divulgación.

Descripción detallada

La **Figura 1a** es un diagrama esquemático que muestra una red de comunicación 100 según realizaciones 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, los expertos en la materia apreciarán que los conceptos divulgados en el presente documento son aplicables a ambientes interiores y exteriores.

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

El nodo de red de acceso radioeléctrico 102 está configurado para proporcionar acceso radioeléctrico inalámbrico al dispositivo inalámbrico 104, mediante la implementación de cualquier norma adecuada de radiotelecomunicaciones. Por ejemplo, el nodo de red de acceso radioeléctrico 102 puede formar parte de una red celular y proporcionar acceso radioeléctrico conforme a una norma radioeléctrica de red celular, tal como las producidas por el 3.^{er} Proyecto de asociación de tercera generación (3GPP), p. ej., Sistema mundial para comunicaciones móviles (GSM), Servicio general de radiocomunicaciones por paquetes (GPRS), Tasas de datos mejoradas para la evolución del GSM (EDGE), Sistema de telecomunicaciones móviles universales

(UMTS), Evolución a largo plazo (LTE), LTE avanzada y la norma 5G denominada Nueva radio (NR). Alternativamente, el nodo de red de acceso radioeléctrico 102 puede formar parte de una red de área local inalámbrica (WLAN) y proporcionar acceso radioeléctrico conforme a las normas IEEE 802.11, por ejemplo. En este último ejemplo, el nodo de acceso radioeléctrico puede denominarse punto de acceso (AP). Las referencias en el presente documento a un "nodo de red de acceso radioeléctrico" incluyen al menos nodos de red de acceso radioeléctrico celular y puntos de acceso WLAN. En la realización ilustrada, el nodo de red de acceso radioeléctrico 102 está ubicado en el techo; sin embargo, se entiende que el nodo de red de acceso radioeléctrico 102 puede estar ubicado en cualquier posición.

El dispositivo inalámbrico 104 está configurado para comunicarse de manera inalámbrica con el nodo de red de acceso radioeléctrico 102 y, así, también implementa la misma norma que el nodo de red de acceso radioeléctrico 102. Por ejemplo, el dispositivo inalámbrico 102 puede denominarse equipo de usuario (UE) o estación móvil (STA).

En la realización ilustrada, cada uno del nodo de red de acceso radioeléctrico 102 y el dispositivo inalámbrico 104 comprende una pluralidad de antenas o elementos de antena (p. ej., un conjunto de antenas o similar) para la transmisión y/o recepción de señales radioeléctricas. Mediante la aplicación de técnicas de conformación del haz, el nodo de red de acceso radioeléctrico 102 y el dispositivo inalámbrico 104 son capaces de transmitir señales radioeléctricas con mayor intensidad y/o recibir señales radioeléctricas con mayor sensibilidad en una dirección particular. Por ejemplo, puede aplicarse uno o más respectivos factores de ponderación o desplazamientos de fase a las señales proporcionadas a cada elemento de antena, o recibidas de cada elemento de antena, de manera que las señales desde o hacia una dirección particular experimenten interferencias constructivas, mientras que las de otras direcciones

experimenten interferencias destructivas. Los expertos en la materia conocen los principios de las técnicas de conformación del haz.

En el ejemplo ilustrado se muestran diversos haces. Los haces usados por el nodo de red de acceso radioeléctrico 102 reciben el número de referencia 110, mientras que los usados por el dispositivo inalámbrico 104 reciben el número de referencia 112. Se entiende que los haces 110, 112 pueden ser para la transmisión o recepción de señales radioeléctricas inalámbricas. Por ejemplo, en una realización el nodo de red de acceso radioeléctrico 102 es el dispositivo transmisor y el dispositivo inalámbrico 104 es el dispositivo receptor; en este ejemplo, los haces 110 son, por lo tanto, haces de transmisión, mientras 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 radioeléctrico 102 es el dispositivo receptor; en este ejemplo, los haces 112 son, por lo tanto, haces de transmisión y los haces 110 son haces de recepción.

En un ejemplo más, los haces de transmisión o recepción pueden ser usados por solo uno de los nodos de red de acceso radioeléctrico 102 y el dispositivo inalámbrico 104, mientras que el otro transmite o recibe señales radioeléctricas de manera omnidireccional. Así, uno de los nodos de red de acceso radioeléctrico 102 y el dispositivo inalámbrico 104 pueden transmitir una señal radioeléctrica usando un haz direccional, mientras que el otro nodo de red de acceso radioeléctrico 102 y el dispositivo inalámbrico 104 reciben la señal radioeléctrica sin usar conformación del haz. De manera similar, uno de los nodos de red de acceso radioeléctrico 102 y el dispositivo inalámbrico 104 pueden transmitir una señal radioeléctrica sin usar conformación del haz, mientras que el otro nodo de red de acceso radioeléctrico 102 y el dispositivo inalámbrico 104 reciben la señal radioeléctrica usando un haz de recepción. La descripción siguiente supone que se determina un par de haces de transmisión-recepción para el nodo de red de acceso radioeléctrico 102 y el dispositivo

inalámbrico 104. Sin embargo, se entiende que realizaciones de la divulgación también se refieren a la determinación de un haz de transmisión o recepción para solo uno de los nodos de red de acceso radioeléctrico 102 y el dispositivo inalámbrico 104.

Tal y como se señaló anteriormente, para beneficiarse de las ganancias de la conformación del haz, un dispositivo transmisor debe determinar un haz de transmisión adecuado (p. ej., forma y/o dirección) para transmitir haces con mayor ganancia en la dirección del dispositivo receptor. De manera similar, un dispositivo receptor (ya sea un punto de acceso o un dispositivo inalámbrico) debe determinar un haz de recepción adecuado (p. ej., forma y/o dirección) para recibir haces con mayor ganancia en la dirección del dispositivo transmisor. Estos dispositivos usan típicamente un proceso conocido como barrido del haz, en el que el dispositivo transmisor transmite haces en todas las direcciones predefinidas, p. ej., en una ráfaga y/o en un intervalo regular. El dispositivo receptor lleva a cabo mediciones en esos haces usando todos sus haces receptores, e informa las mediciones al dispositivo transmisor para que pueda determinarse un par de haces de transmisión-recepción adecuado. Para asegurarse de que se elige el par de haces más adecuado, se llevan a cabo transmisiones y mediciones correspondientes para todos los pares de haces de transmisión-recepción posibles. Este proceso lleva mucho tiempo y emplea importantes recursos radioeléctricos y de potencia.

Realizaciones de la divulgación emplean una tecnología de comunicación inalámbrica alternativa para determinar la ubicación de un dispositivo receptor (ya sea el nodo de red de acceso radioeléctrico 102 o el dispositivo inalámbrico 104) con un grado razonable de exactitud. Por lo tanto, puede reducirse el número de haces de transmisión y/o recepción probados como parte de un procedimiento de barrido del haz, de manera de dirigirse a la ubicación conocida del dispositivo receptor.

En particular, realizaciones de la divulgación emplean la comunicación inalámbrica por luz (a veces denominada "lifi") y, así, la red 100 comprende además una pluralidad de nodos de red de comunicación inalámbrica por luz 106a, 106b, 106c, 106d (colectivamente, 106).

Estudios recientes en el ámbito académico y primeros prototipos de la industria han mostrado que la comunicación por luz visible (VLC) tiene el potencial de convertirse en un nuevo medio de comunicación inalámbrica. Este es también el caso de la comunicación por luz (LC) en general que despliega frecuencias que no pertenecen al espectro óptico visible, tales como la luz infrarroja. En particular, se prevén varios gigabits por segundo (Gb/s) de sistemas de comunicación inalámbrica que emplean el espectro óptico para fines de comunicación.

El concepto principal que rige la LC es comunicar datos binarios mediante niveles de intensidad de luz que varían rápidamente. En mayor detalle, en la fuente de transmisión se despliegan uno o varios diodos emisores de luz (LED) para modular datos binarios mediante diferentes niveles de intensidad de luz emitida. Los LED desplegados cambian los niveles de intensidad de luz emitida a velocidades que no son perceptibles por el ojo humano. Así, la incorporación de LC en un sistema de iluminación no afecta la calidad de iluminación. El dispositivo receptor detecta los cambios de intensidad de luz emitida mediante fotodetectores (PD), por ejemplo. De esta manera, el dispositivo receptor es capaz de detectar los datos transmitidos.

Así, cada uno de los nodos de red inalámbrica LC 106 comprende una o más fuentes de luz (tales como LED) para la transmisión de luz. La luz puede tener una longitud de onda que está en la parte visible del espectro, o adyacente a esta (p. ej., infrarrojo o ultravioleta). La luz está sujeta a modulación con una o más fuentes de datos, por lo que la intensidad de luz varía con el tiempo de una manera que puede ser detectada y decodificada por un dispositivo receptor. El

área de la línea de visión cubierta por esta luz se muestra mediante las líneas de trazos 107. Por lo tanto, el dispositivo inalámbrico 104 comprende uno o más fotodetectores para la detección de la luz modulada transmitida por los nodos de red inalámbrica LC 106 y, de esta manera, las comunicaciones pueden tener lugar en el enlace descendente desde los nodos de red inalámbrica LC 106 hasta el dispositivo inalámbrico 104. El dispositivo inalámbrico 104 puede comprender además una o más fuentes de luz (tales como LED), y los nodos de red inalámbrica LC 106 pueden comprender uno o más fotodetectores, de manera que la comunicación también puede tener lugar en el enlace ascendente desde el dispositivo inalámbrico 104 hasta los nodos de red LC 106.

El Anexo 1 describe la manera en que el canal LC está dominado por el componente línea de visión entre el transmisor (p. ej., los nodos LC 106) y el receptor (p. ej., el dispositivo inalámbrico 104). Cuando entre el transmisor y el receptor ya no existe línea de visión, la SINR de la comunicación disminuye significativamente, por lo que ya no es viable una conexión entre el transmisor y el receptor. Por lo tanto, si una conexión es operativa entre un transmisor LC y un receptor LC, la ubicación del receptor LC es conocida; debe estar dentro de una línea de visión del transmisor LC. En el contexto de la Figura 1, si existe una conexión LC entre un nodo inalámbrico LC 106 y el dispositivo inalámbrico 104, el dispositivo inalámbrico debe estar dentro de los límites de la luz transmitida 107. En el presente documento, esta área se denomina "celda LC" 107.

Los nodos de red inalámbrica LC 106 pueden ser independientes entre sí, y proporcionar servicios independientes a dispositivos inalámbricos de una manera similar a estaciones de base radioeléctrica separadas. Por ejemplo, cada nodo de red inalámbrica LC 106 puede implementar su propia pila de protocolos de *software*. Alternativamente, los nodos de red inalámbrica LC 106 pueden formar parte de una entidad más grande, de una manera similar a diferentes puntos de transmisión-recepción de una estación de base radioeléctrica. Por

ejemplo, cada nodo de red inalámbrica LC 106 puede implementar una o más capas inferiores de una pila de protocolos, con una entidad de red separada que implementa las capas superiores para varios nodos de red inalámbrica LC 106.

Cabe señalar que los nodos de LC inalámbrica 106 están acoplados comunicativamente al nodo de red de acceso radioeléctrico 102 mediante una conexión de retroceso 108. La conexión de retroceso 108 es típicamente una conexión cableada, tal como una conexión Ethernet (p. ej., alimentación a través de Ethernet) u otra conexión de datos en paquetes, aunque alternativamente en determinadas realizaciones la conexión 108 puede ser inalámbrica.

Según realizaciones de la divulgación, el nodo de red de acceso radioeléctrico 102 obtiene información que identifica una celda LC 107 o un nodo de red inalámbrica LC 106 a los que se conecta el dispositivo inalámbrico 104. Según esa información, el nodo de red de acceso radioeléctrico 102 es capaz de seleccionar un subconjunto de los haces 110 que es capaz de producir, e iniciar un procedimiento de barrido del haz usando solo 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 LC 107 o al nodo de red inalámbrica LC 106 y, según la celda LC o el nodo de red inalámbrica LC 106, identifica un subconjunto de los haces de transmisión o recepción que es capaz de producir y lleva a cabo un procedimiento de barrido del haz usando el subconjunto de haces para seleccionar un haz de transmisión o recepción para comunicarse con el nodo de red de acceso radioeléctrico 102.

La **Figura 1b** muestra la red 100 descrita anteriormente, una vez que ha tenido lugar 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 inalámbrica 106c. La información que identifica el nodo de red inalámbrica LC 106c o la celda LC 107 formada por este se proporciona al nodo

de red de acceso radioeléctrico 102 (p. ej., a través de la conexión de retroceso 108, o desde una comunicación por el propio dispositivo inalámbrico 104), y el nodo de red de acceso radioeléctrico identifica los haces 114 (un subconjunto de los haces 110) que se dirigen solo a la celda 107. De manera similar, el dispositivo inalámbrico 104 identifica los haces 116 (un subconjunto de los haces 112) que se dirigen al nodo de red de acceso radioeléctrico 102 desde la celda 107 identificada. Por lo tanto, un procedimiento de barrido del haz que usa solo estos subconjuntos de haces 114, 116 requiere mucho menos tiempo y recursos para completarse.

La **Figura 2** es un diagrama de señalización según realizaciones de la divulgación, que muestra la señalización entre un nodo de red de radiofrecuencia o un punto de acceso (tal como el nodo de red de acceso radioeléctrico 102 descrito anteriormente), un dispositivo inalámbrico o STA (tal como el dispositivo inalámbrico 104 descrito anteriormente) y un nodo de red de comunicación inalámbrica por luz o un punto de acceso (tal como los nodos de LC inalámbrica 106 descritos anteriormente).

200. El dispositivo inalámbrico 104 se conecta a un nodo de red inalámbrica LC 106. Por las razones apuntadas anteriormente, y seguidamente en el Anexo 1, una conexión con un nodo de red inalámbrica LC requiere una línea de visión entre el dispositivo inalámbrico 104 y el nodo de red inalámbrica LC 106.

La conexión al nodo de red inalámbrica LC puede establecerse mediante cualquier mecanismo adecuado y/o según cualquier norma adecuada que pueda desarrollarse para la comunicación LC en el futuro. Por ejemplo, la conexión puede establecerse mediante una forma de acceso aleatorio, en la que el dispositivo inalámbrico 104 transmite un código de identificación al nodo de red LC.

202. El nodo de red de acceso radioeléctrico obtiene información que identifica el nodo de red inalámbrica LC al que se conectó el dispositivo inalámbrico en el paso 200, o la celda LC formada por este. Por ejemplo, el nodo de red inalámbrica LC puede transmitir un mensaje al nodo de red de acceso radioeléctrico (p. ej., a través del enlace de retroceso 108) que contiene una indicación de que el dispositivo inalámbrico se conecta a este. La indicación puede comprender un identificador para el dispositivo inalámbrico. El mensaje también puede comprender una indicación de la identidad del nodo de red inalámbrica LC o, alternativamente, la identidad del nodo de red inalámbrica LC puede deducirse a partir de la fuente del mensaje. Alternativamente, el propio dispositivo inalámbrico puede transmitir un mensaje al nodo de red de acceso radioeléctrico (p. ej., mediante una conexión radioeléctrica establecida) que contiene una indicación de que se ha conectado al nodo de red inalámbrica LC. La indicación puede comprender un identificador para el nodo de red inalámbrica LC o la celda LC. El mensaje también puede comprender una indicación de la identidad del dispositivo inalámbrico o, alternativamente, la identidad del dispositivo inalámbrico puede deducirse a partir de la fuente del mensaje. Los expertos en la materia apreciarán que son posibles métodos alternativos de informar de la conexión del dispositivo inalámbrico al nodo de red de acceso radioeléctrico. Por ejemplo, un nodo más (no ilustrado), acoplado a los nodos de red inalámbrica LC 106, puede recopilar información sobre cuáles dispositivos inalámbricos están conectados a cuáles nodos de red inalámbrica LC y proporcionar la información al nodo de red de acceso radioeléctrico.

204a. El nodo de red de acceso radioeléctrico selecciona un subconjunto de uno o más haces de transmisión o recepción de los haces de transmisión o recepción que están disponibles para este, sobre la base del nodo de red inalámbrica LC o la celda LC identificados en el paso 202. Por ejemplo, el subconjunto de haces de transmisión o recepción puede dirigirse a un área

geográfica que incluye el área geográfica de la celda LC, ya sea para transmitir mensajes a esa área o para recibir mensajes desde esa área.

El nodo de red de acceso radioeléctrico puede además emplear el conocimiento de la ubicación geográfica de la celda LC con respecto al nodo de red de acceso radioeléctrico. Por ejemplo, el nodo de red de acceso radioeléctrico puede preprogramarse con la ubicación de las celdas LC en sus proximidades, y/o respectivos subconjuntos de haces que se usarán para dirigirse a esas celdas LC. Alternativamente, el nodo de red de acceso radioeléctrico puede adquirir ese conocimiento con el tiempo, a través de sus interacciones con dispositivos inalámbricos que están conectados a las celdas LC en sus proximidades. Por ejemplo, el nodo de red de acceso radioeléctrico puede llevar a cabo procedimientos convencionales de barrido del haz (es decir, usando todos los haces disponibles) para determinar un haz óptimo para un dispositivo inalámbrico conectado a una celda LC particular. El nodo de red de acceso radioeléctrico puede almacenar una asociación entre la celda LC particular y el haz óptimo determinado a través del método convencional. El haz determinado puede añadirse al subconjunto de haces para esa celda LC particular, por ejemplo.

Esta última realización, de usar datos históricos para seleccionar un subconjunto de haces, puede ser particularmente beneficiosa cuando no existe una línea de visión entre el nodo de red de acceso radioeléctrico y el dispositivo inalámbrico. Así, por ejemplo, los datos históricos pueden usarse para seleccionar el subconjunto de haces de transmisión o recepción cuando no hay una línea de visión entre el nodo de red de acceso radioeléctrico y el dispositivo inalámbrico.

Los expertos en la materia conocerán varios métodos para determinar si existe una línea de visión entre dos dispositivos radioeléctricos. Diversos artículos abordan este tema, y en el presente documento no se describen con

mayor detalle. Por ejemplo, estos métodos pueden basarse en la detección de la polarización de transmisiones inalámbricas entre los dispositivos, para determinar si esas transmisiones se reflejan en las superficies entre los dispositivos. Alternativamente, los artículos de Benedetto *et al.* (“Dynamic LOS/NLOS Statistical Discrimination of Wireless Mobile Channels”, 2007 IEEE Vehicular Technology Conference) y Borràs *et al.* (“Decision Theoretic Framework for NLOS Identification”, 1998 IEEE Vehicular Technology Conference) adoptan un enfoque estadístico. La presente divulgación no está limitada en ese sentido.

204b. El dispositivo inalámbrico selecciona un subconjunto de uno o más haces de transmisión o recepción de los haces de transmisión o recepción que están disponibles para este, sobre la base del nodo de red inalámbrica LC al que se conectó en el paso 200. Por ejemplo, el subconjunto de haces de transmisión o recepción puede corresponder a los haces de transmisión dirigidos hacia el nodo de red de acceso radioeléctrico desde un área de cobertura del nodo de red inalámbrica LC identificado (p. ej., la celda LC), o a los haces de recepción en el área de cobertura del nodo de red inalámbrica LC identificado que se dirigen para recibir transmisiones desde el nodo de red de acceso radioeléctrico.

El dispositivo inalámbrico puede además obtener y emplear conocimiento de la ubicación geográfica del nodo de red de acceso radioeléctrico con respecto a la celda LC. Por ejemplo, tal conocimiento puede incluir, o puede basarse en uno o más de: información del ángulo de llegada para una o más transmisiones recibidas desde el nodo de red de acceso radioeléctrico; información de ubicación recibida desde el nodo de red inalámbrica LC que forma la celda LC identificada; e información de ubicación recibida desde el nodo de red de acceso radioeléctrico. Así, el nodo de red inalámbrica LC y/o el nodo de red de acceso radioeléctrico (o cualquier otro nodo de la red 100) pueden proporcionar la

información de manera implícita o explícita en una transmisión al dispositivo inalámbrico.

El dispositivo inalámbrico puede además obtener y emplear conocimiento de su orientación para seleccionar el subconjunto de haces de transmisión o recepción. Por ejemplo, el dispositivo inalámbrico puede comprender uno o más sensores (tales como una brújula, un acelerómetro, un giroscopio, etc.) a partir de los cuales es capaz de determinar su orientación con respecto a un marco de referencia definido. Se espera que el dispositivo inalámbrico sea más móvil que el nodo de red de acceso radioeléctrico, por lo que su orientación está sujeta a cambios y que afecte los haces que serán eficaces para dirigirse al nodo de red de acceso radioeléctrico desde cualquier ubicación dada. Por lo tanto, cuando se selecciona el subconjunto de los haces de transmisión o recepción también puede tenerse en cuenta la orientación del dispositivo inalámbrico.

206. El nodo de red de acceso radioeléctrico y el dispositivo inalámbrico llevan a cabo un procedimiento de barrido del haz, usando solo el subconjunto seleccionado de haces de transmisión o recepción. Tal y como se señaló anteriormente, este procedimiento puede implicar que el dispositivo transmisor (ya sea el nodo de red de acceso radioeléctrico o el dispositivo inalámbrico) transmita haces en todos los haces del subconjunto, p. ej., en una ráfaga y/o en un intervalo regular. El dispositivo receptor lleva a cabo mediciones en esos haces usando todos los haces receptores del subconjunto, e informa las mediciones al dispositivo transmisor para que pueda determinarse un par de haces de transmisión-recepción adecuado. Para asegurarse de que se elija el par de haces más adecuado, pueden llevarse a cabo transmisiones y mediciones correspondientes para todos los posibles pares de haces de transmisión-recepción dentro de los subconjuntos seleccionados. Sin embargo, como solo se barre el subconjunto de haces de transmisión y recepción, puede esperarse que este proceso consuma mucho menos tiempo y sea menos complejo.

208a y 208b. El nodo de red de acceso radioeléctrico y el dispositivo inalámbrico seleccionan un par de haces de transmisión-recepción según las mediciones llevadas a cabo en el paso 206. Por ejemplo, puede elegirse el par de haces de transmisión-recepción asociado con una métrica de señal más alta o mejor, tal como la intensidad o calidad de la señal recibida.

210. El nodo de red de acceso radioeléctrico y el dispositivo inalámbrico emplean el par de haces de transmisión-recepción seleccionado para comunicarse entre sí.

La **Figura 3** es un esquema de operaciones de un método llevado a cabo por un nodo de red de acceso radioeléctrico según realizaciones de la divulgación. El método puede corresponder en parte a la señalización del nodo de red de acceso radioeléctrico o punto de acceso indicados anteriormente con respecto a la Figura 2, por ejemplo. El método puede ser llevado a cabo por el nodo de red de acceso radioeléctrico 102 descrito anteriormente con respecto a la Figura 1.

En el paso 300, el nodo de red radioeléctrica obtiene información que identifica un nodo de red inalámbrica LC con el que un dispositivo inalámbrico ha establecido una conexión o una celda LC formada por el nodo de red inalámbrica LC. Por ejemplo, el nodo de red inalámbrica LC puede transmitir un mensaje al nodo de red de acceso radioeléctrico (p. ej., a través del enlace de retroceso 108) que contiene una indicación de que el dispositivo inalámbrico se conecta a este. La indicación puede comprender un identificador para el dispositivo inalámbrico. El mensaje también puede comprender una indicación de la identidad del nodo de red inalámbrica LC o, alternativamente, la identidad del nodo de red inalámbrica LC puede deducirse a partir de la fuente del mensaje. Alternativamente, el propio dispositivo inalámbrico puede transmitir un mensaje al nodo de red de acceso radioeléctrico (p. ej., mediante una conexión radioeléctrica establecida) que contiene una indicación de que se ha conectado

al nodo de red inalámbrica LC. La indicación puede comprender un identificador para el nodo de red inalámbrica LC o la celda LC formada por este. El mensaje también puede comprender una indicación de la identidad del dispositivo inalámbrico o, alternativamente, la identidad del dispositivo inalámbrico puede deducirse a partir de la fuente del mensaje. Los expertos en la materia apreciarán que son posibles métodos alternativos de informar de la conexión del dispositivo inalámbrico al nodo de red de acceso radioeléctrico. Por ejemplo, un nodo más (no ilustrado), acoplado a los nodos de red inalámbrica LC 106, puede recopilar información sobre cuáles dispositivos inalámbricos están conectados a cuáles celdas LC, y proporcionar la información al nodo de red de acceso radioeléctrico.

La información puede obtenerse periódicamente, a petición del nodo de red de acceso radioeléctrico (p. ej., en respuesta a un mensaje de solicitud transmitido por el nodo de red de acceso radioeléctrico al dispositivo inalámbrico y/o al nodo de red inalámbrica LC), o al establecer la conexión con el nodo de red inalámbrica LC.

En el paso 302, el nodo de red de acceso radioeléctrico determina si existe una línea de visión entre el nodo de red de acceso radioeléctrico y el dispositivo inalámbrico. Anteriormente se discutieron diversos métodos para determinar si existe una línea de visión entre dos dispositivos radioeléctricos.

Después, el método procede hacia el paso 304, en el que el nodo de red de acceso radioeléctrico selecciona un subconjunto de uno o más haces de transmisión o recepción a partir de los haces de transmisión o recepción que es capaz de usar, según el nodo de red inalámbrica LC identificado. Si existe la línea de visión, este paso implica el subpaso 306, en el que el nodo de red de acceso radioeléctrico selecciona un subconjunto de uno o más haces de transmisión o recepción a partir de los haces de transmisión o recepción que es capaz de usar, según el nodo de red inalámbrica LC identificado y correspondiente al área de cobertura geográfica de la celda LC. Por ejemplo, el

subconjunto de haces de transmisión o recepción puede dirigirse a un área geográfica que incluye el área geográfica de la celda LC, ya sea para transmitir mensajes a esa área o para recibir mensajes desde esa área.

Cuando selecciona el subconjunto de haces de transmisión o recepción, el nodo de red de acceso radioeléctrico puede además emplear conocimiento de la ubicación geográfica de la celda LC con respecto al nodo de red de acceso radioeléctrico. Por ejemplo, el nodo de red de acceso radioeléctrico puede preprogramarse con la ubicación de las celdas LC en sus proximidades, y/o respectivos subconjuntos de haces que se usarán para dirigirse a esas celdas LC.

Si no existe la línea de visión, el paso 304 implica el subpaso 308, en el que el nodo de red de acceso radioeléctrico usa datos históricos para seleccionar un subconjunto de haces de transmisión o recepción. Por ejemplo, con el tiempo, el nodo de red de acceso radioeléctrico puede llevar a cabo numerosos procedimientos convencionales de barrido del haz (es decir, usar todos los haces disponibles) para determinar los haces óptimos para los dispositivos inalámbricos que están conectados a un nodo de red inalámbrica LC particular. El nodo de red de acceso radioeléctrico puede almacenar una asociación entre el nodo de red inalámbrica LC particular y los haces óptimos determinados a través del método convencional. Los haces determinados pueden añadirse al subconjunto de haces para ese nodo de red inalámbrica LC particular.

Los haces pueden generarse mediante técnicas analógicas, híbridas o digitales, y así la selección de un subconjunto de haces en el paso 304 puede comprender la selección de uno o más haces a partir de: una pluralidad de conformadores del haz analógicos; una pluralidad de combinadores analógicos; un libro de códigos digital de conformadores del haz; y un libro de códigos digital de combinadores.

En el paso 310, el nodo de red de acceso radioeléctrico inicia un procedimiento de barrido del haz mediante el subconjunto de haces de transmisión o recepción seleccionado en el paso 304. Tal y como se señaló anteriormente, este procedimiento puede implicar que el dispositivo transmisor (ya sea el nodo de red de acceso radioeléctrico o el dispositivo inalámbrico) transmita haces en todos los haces del subconjunto, p. ej., en una ráfaga y/o en un intervalo regular. El dispositivo receptor lleva a cabo mediciones en esos haces usando todos los haces receptores del subconjunto, e informa las mediciones al dispositivo transmisor para que pueda determinarse un par de haces de transmisión-recepción adecuado. Para asegurarse de que se elija el par de haces más adecuado, pueden llevarse a cabo transmisiones y mediciones correspondientes para todos los posibles pares de haces de transmisión-recepción dentro de los subconjuntos seleccionados.

En el paso 312, el nodo de red de acceso radioeléctrico selecciona un haz de transmisión o recepción según las mediciones llevadas a cabo en el paso 310. Por ejemplo, puede elegirse el haz de transmisión o recepción asociado con una métrica de señal más alta o mejor, tal como la intensidad o calidad de la señal recibida.

La **Figura 4** es un esquema de operaciones de un método llevado a cabo por un dispositivo inalámbrico según realizaciones de la divulgación. El método puede corresponder en parte a la señalización del dispositivo inalámbrico indicado anteriormente con respecto a la Figura 2, por ejemplo. El método puede ser llevado a cabo por el dispositivo inalámbrico 104 descrito anteriormente con respecto a la Figura 1.

En el paso 400, el dispositivo inalámbrico se conecta a un nodo de red inalámbrica LC 106. Por las razones apuntadas anteriormente, y seguidamente en el Anexo 1, una conexión con un nodo de red inalámbrica LC requiere una

línea de visión entre el dispositivo inalámbrico 104 y el nodo de red inalámbrica LC 106.

La conexión al nodo de red inalámbrica LC puede establecerse mediante cualquier mecanismo adecuado y/o según cualquier norma adecuada que pueda desarrollarse para la comunicación LC en el futuro. Por ejemplo, la conexión puede establecerse mediante una forma de acceso aleatorio, en la que el dispositivo inalámbrico 104 transmite un código de identificación al nodo de red inalámbrica LC.

En el paso 402, el dispositivo inalámbrico obtiene conocimiento de su orientación. Por ejemplo, el dispositivo inalámbrico puede comprender uno o más sensores (tales como uno o más de una brújula, un acelerómetro, un giroscopio, etc.) a partir de los cuales es capaz de determinar su orientación con respecto a un marco de referencia definido.

En el paso 404, el dispositivo inalámbrico obtiene conocimiento que identifica la ubicación de un nodo de red de acceso radioeléctrico relativo al nodo de red inalámbrica LC que forma su celda LC. Por ejemplo, tal conocimiento puede incluir, o puede basarse en uno o más de: información del ángulo de llegada para una o más transmisiones recibidas desde el nodo de red de acceso radioeléctrico; información de ubicación recibida desde el nodo de red inalámbrica LC que forma la celda LC; e información de ubicación recibida desde el nodo de red de acceso radioeléctrico. Así, el nodo de red inalámbrica LC y/o el nodo de red de acceso radioeléctrico (o cualquier otro nodo de la red 100) pueden proporcionar la información de manera implícita o explícita en una transmisión al dispositivo inalámbrico.

En el paso 406, el dispositivo inalámbrico selecciona un subconjunto de uno o más haces de transmisión o recepción de los haces de transmisión o recepción que están disponibles para este, sobre la base del nodo de red inalámbrica LC al que se conectó en el paso 400. Por ejemplo, el subconjunto de

haces de transmisión o recepción puede corresponder a los haces de transmisión dirigidos hacia el nodo de red de acceso radioeléctrico desde un área de cobertura del nodo de red inalámbrica LC identificado (p. ej., la celda LC), o a los haces de recepción en el área de cobertura del nodo de red inalámbrica LC identificado que se dirigen para recibir transmisiones desde el nodo de red de acceso radioeléctrico.

La selección del subconjunto de uno o más haces de transmisión o recepción puede basarse además en uno o más de: la orientación del dispositivo inalámbrico, determinada en el paso 402; y la ubicación del nodo de red de acceso radioeléctrico relativa al dispositivo inalámbrico o al nodo de red inalámbrica LC, determinada en el paso 404.

En el paso 408, el dispositivo inalámbrico lleva a cabo un procedimiento de barrido del haz, usando solo el subconjunto seleccionado de haces de transmisión o recepción. Tal y como se señaló anteriormente, este procedimiento puede implicar que el dispositivo transmisor (ya sea el nodo de red de acceso radioeléctrico o el dispositivo inalámbrico) transmita haces en todos los haces del subconjunto, p. ej., en una ráfaga y/o en un intervalo regular. El dispositivo receptor lleva a cabo mediciones en esos haces usando todos los haces receptores del subconjunto, e informa las mediciones al dispositivo transmisor para que pueda determinarse un par de haces de transmisión-recepción adecuado. Para asegurarse de que se elija el par de haces más adecuado, pueden llevarse a cabo transmisiones y mediciones correspondientes para todos los posibles pares de haces de transmisión-recepción dentro de los subconjuntos seleccionados.

En el paso 410, el dispositivo inalámbrico selecciona un haz de transmisión o recepción según las mediciones llevadas a cabo en el paso 408. Por ejemplo, puede elegirse el haz de transmisión o recepción asociado con una

métrica de señal más alta o mejor, tal como la intensidad o calidad de la señal recibida.

La **Figura 5** es un esquema de operaciones de un método llevado a cabo por un nodo de red inalámbrica LC según realizaciones de la divulgación. El método puede corresponder en parte a la señalización del nodo de red inalámbrica LC indicado anteriormente con respecto a la Figura 2, por ejemplo. El método puede ser llevado a cabo por el nodo de red inalámbrica LC 106 descrito anteriormente con respecto a la Figura 1.

En el paso 500, el nodo de red inalámbrica LC establece una conexión con un dispositivo inalámbrico.

La conexión entre el dispositivo inalámbrico y el nodo de red inalámbrica LC puede establecerse mediante cualquier mecanismo adecuado y/o según cualquier norma adecuada que pueda desarrollarse para la comunicación LC en el futuro. Por ejemplo, la conexión puede establecerse mediante una forma de acceso aleatorio, en la que el dispositivo inalámbrico transmite un código de identificación al nodo de red inalámbrica LC.

En el paso 502, el nodo de red inalámbrica LC transmite un mensaje a un nodo de red de acceso radioeléctrico (p. ej., a través del enlace de retroceso 108) que contiene una indicación de que el dispositivo inalámbrico se conecta a este. La indicación puede comprender un identificador para el dispositivo inalámbrico. El mensaje también puede comprender una indicación de la identidad del nodo de red inalámbrica LC o, alternativamente, la identidad del nodo de red inalámbrica LC puede deducirse a partir de la fuente del mensaje. Alternativamente, esta información puede transmitirse indirectamente al nodo de red de acceso radioeléctrico. Por ejemplo, un nodo más (no ilustrado), acoplado al nodo de red inalámbrica LC, puede recopilar información sobre cuáles dispositivos inalámbricos están conectados a cuáles nodos de red inalámbrica LC y proporcionar la información al nodo de red de acceso radioeléctrico.

El mensaje puede transmitirse periódicamente, a petición del nodo de red de acceso radioeléctrico (p. ej., en respuesta a un mensaje de solicitud transmitido por el nodo de red de acceso radioeléctrico al nodo de red inalámbrica LC), o al establecer la conexión con el dispositivo inalámbrico en el paso 500.

La **Figura 6** es un diagrama esquemático de un nodo de red de acceso radioeléctrico 600 según realizaciones de la divulgación. El nodo de red de acceso radioeléctrico 600 puede configurarse para llevar a cabo la señalización del nodo de red de acceso radioeléctrico 102, descrita anteriormente con respecto a la Figura 2, y/o el método descrito anteriormente con respecto a la Figura 3. Tal y como se señaló anteriormente, en una realización, el nodo de red de acceso radioeléctrico 600 es un punto de acceso WLAN.

El nodo de red de acceso radioeléctrico 600 comprende la circuitería de procesamiento 602 (tal como uno o más procesadores, procesadores de señal digital, unidades de procesamiento de propósito general, etc.), un medio legible por máquina 604 (p. ej., memoria tal como memoria de solo lectura (ROM), memoria de acceso aleatorio, memoria caché, dispositivos de memoria *flash*, dispositivos de almacenamiento óptico, etc.) y una o más interfaces 606. Una o más interfaces 606 pueden comprender una pluralidad de elementos de antena configurables para proporcionar una pluralidad de haces de transmisión o recepción. Las interfaces 606 pueden comprender además una interfaz para las comunicaciones de retroceso, tal como una interfaz inalámbrica, cableada (p. ej., alimentación a través de Ethernet) u óptica. Los componentes se ilustran acoplados en serie; sin embargo, los expertos en la materia apreciarán que los componentes pueden ser acoplados de cualquier manera adecuada (p. ej., por medio de un bus de sistema o semejante).

El nodo de red de acceso radioeléctrico 600 es operable en una red de comunicación que comprende uno o más nodos de red de comunicación

inalámbrica por luz (LC). Según realizaciones de la divulgación, el medio legible por computadora 604 almacena instrucciones que, cuando son ejecutadas por la circuitería de procesamiento 602, causan que el nodo 600: obtenga información que identifique un nodo de red inalámbrica LC al que se conecta el dispositivo inalámbrico; según el nodo de red inalámbrica LC identificado, seleccione un subconjunto de la pluralidad de haces de transmisión o recepción; e inicie un procedimiento de barrido del haz usando el subconjunto de haces de transmisión o recepción para seleccionar un haz de transmisión o recepción para la comunicación con el dispositivo inalámbrico.

En otras realizaciones de la divulgación, el nodo 600 puede comprender circuitería de alimentación (no ilustrada). La circuitería de alimentación puede comprender, o estar acoplada a, circuitería de gestión de alimentación y está configurada para suministrar alimentación a los componentes del nodo 600 para llevar a cabo la funcionalidad descrita en el presente documento. La circuitería de alimentación puede recibir alimentación desde una fuente de alimentación. La fuente de alimentación y/o la circuitería de alimentación pueden configurarse para proporcionar alimentación a los diversos componentes del nodo 600 en una forma adecuada para los respectivos componentes (p. ej., a un nivel de voltaje y corriente necesarios para cada respectivo componente). La fuente de alimentación puede estar incluida en, o ser externa a, la circuitería de alimentación y/o el nodo 600. Por ejemplo, el nodo 600 puede conectarse a una fuente de alimentación externa (p. ej., un tomacorriente eléctrico) por medio de una circuitería o interfaz de entrada tal como un cable eléctrico, por el cual la fuente de alimentación externa suministra alimentación a la circuitería de alimentación. Como ejemplo adicional, la fuente de alimentación puede comprender una fuente de alimentación en la forma de una batería o paquete de baterías que está conectada o integrada en la circuitería de alimentación. La batería puede proporcionar alimentación de respaldo si falla la fuente de

alimentación externa. También se pueden usar otros tipos de fuentes de alimentación, tales como dispositivos fotovoltaicos.

La **Figura 7** es un diagrama esquemático de un nodo de red de acceso radioeléctrico 700 según realizaciones de la divulgación. El nodo de red de acceso radioeléctrico 700 puede configurarse para llevar a cabo la señalización del nodo de red de acceso radioeléctrico 102, descrita anteriormente con respecto a la Figura 2, y/o el método descrito anteriormente con respecto a la Figura 3. Tal y como se señaló anteriormente, en una realización, el nodo de red de acceso radioeléctrico 700 es un punto de acceso WLAN.

El nodo de red de acceso radioeléctrico 700 comprende una unidad de obtención 702, una unidad de selección 704 y una unidad de barrido del haz 706. El nodo de red de acceso radioeléctrico puede comprender además una o más interfaces (no ilustradas). Una o más interfaces 706 pueden comprender una pluralidad de elementos de antena configurables para proporcionar una pluralidad de haces de transmisión o recepción. Las interfaces 706 pueden comprender además una interfaz para las comunicaciones de retroceso, tal como una interfaz inalámbrica, cableada (p. ej., alimentación a través de Ethernet) u óptica.

El nodo de red de acceso radioeléctrico 700 es operable en una red de comunicación que comprende uno o más nodos de red de comunicación inalámbrica por luz (LC). Según realizaciones de la divulgación, la unidad de obtención 702 está configurada para obtener información que identifica un nodo de red inalámbrica LC al que se conecta el dispositivo inalámbrico. La unidad de selección 704 está configurada para, según el nodo de red inalámbrica LC identificado, seleccionar un subconjunto de la pluralidad de haces de transmisión o recepción. La unidad de barrido del haz 706 está configurada para iniciar un procedimiento de barrido del haz usando el subconjunto de haces de transmisión

o recepción para seleccionar un haz de transmisión o recepción para la comunicación con el dispositivo inalámbrico.

La **Figura 8** es un diagrama esquemático de un dispositivo inalámbrico 800 según realizaciones de la divulgación. El dispositivo inalámbrico 800 puede configurarse para llevarse a cabo la señalización del dispositivo inalámbrico 104, descrita anteriormente con respecto a la Figura 2, y/o el método descrito anteriormente con respecto a la Figura 4.

El dispositivo inalámbrico 800 comprende la circuitería de procesamiento 802 (tal como uno o más procesadores, procesadores de señal digital, unidades de procesamiento de propósito general, etc.), un medio legible por máquina 804 (p. ej., memoria tal como memoria de solo lectura (ROM), memoria de acceso aleatorio, memoria caché, dispositivos de memoria *flash*, dispositivos de almacenamiento óptico, etc.) y una o más interfaces 806. Una o más interfaces 806 pueden comprender una pluralidad de elementos de antena configurables para proporcionar una pluralidad de haces de transmisión o recepción. Los componentes se ilustran acoplados en serie; sin embargo, los expertos en la materia apreciarán que los componentes pueden ser acoplados de cualquier manera adecuada (p. ej., por medio de un bus de sistema o semejante).

El dispositivo inalámbrico 800 es operable en una red de comunicación que comprende uno o más nodos de red de comunicación inalámbrica por luz (LC). Según realizaciones de la divulgación, el medio legible por computadora 804 almacena instrucciones que, cuando son ejecutadas por la circuitería de procesamiento 802 causan que el dispositivo inalámbrico 800: se conecte a un nodo de red inalámbrica LC; según el nodo de red inalámbrica LC al que se conecta el dispositivo inalámbrico, seleccione un subconjunto de la pluralidad de haces de transmisión o recepción; y lleve a cabo un procedimiento de barrido del haz usando el subconjunto de haces de transmisión o recepción para seleccionar

un haz de transmisión o recepción para la comunicación con el nodo de red de acceso radioeléctrico.

En otras realizaciones de la divulgación, el dispositivo inalámbrico 800 puede comprender circuitería de alimentación (no ilustrada). La circuitería de alimentación puede comprender, o estar acoplada a, circuitería de gestión de alimentación y está configurada para suministrar alimentación a los componentes del dispositivo inalámbrico 800 para llevar a cabo la funcionalidad descrita en el presente documento. La circuitería de alimentación puede recibir alimentación desde una fuente de alimentación. La fuente de alimentación y/o la circuitería de alimentación pueden configurarse para proporcionar alimentación a los diversos componentes del dispositivo inalámbrico 800 en una forma adecuada para los respectivos componentes (p. ej., a un nivel de voltaje y corriente necesarios para cada respectivo componente). La fuente de alimentación puede estar incluida en, o ser externa a, la circuitería de alimentación y/o el dispositivo inalámbrico 800. Por ejemplo, el dispositivo inalámbrico 800 puede conectarse a una fuente de alimentación externa (p. ej., un tomacorriente eléctrico) por medio de una circuitería o interfaz de entrada tal como un cable eléctrico, por el cual la fuente de alimentación externa suministra alimentación a la circuitería de alimentación. Como ejemplo adicional, la fuente de alimentación puede comprender una fuente de alimentación en la forma de una batería o paquete de baterías que está conectada o integrada en la circuitería de alimentación. La batería puede proporcionar alimentación de respaldo si falla la fuente de alimentación externa. También se pueden usar otros tipos de fuentes de alimentación, tales como dispositivos fotovoltaicos.

La **Figura 9** es un diagrama esquemático de un dispositivo inalámbrico 900 según realizaciones de la divulgación. El dispositivo inalámbrico 900 puede configurarse para llevarse a cabo la señalización del dispositivo inalámbrico 104,

descrita anteriormente con respecto a la Figura 2, y/o el método descrito anteriormente con respecto a la Figura 4.

El dispositivo inalámbrico 900 comprende una unidad de conexión 902, una unidad de selección 904 y una unidad de barrido del haz 906. El dispositivo inalámbrico puede comprender además una o más interfaces (no ilustradas). Una o más interfaces 906 pueden comprender una pluralidad de elementos de antena configurables para proporcionar una pluralidad de haces de transmisión o recepción.

El dispositivo inalámbrico 900 es operable en una red de comunicación que comprende uno o más nodos de red de comunicación inalámbrica por luz (LC). Según realizaciones de la divulgación, la unidad de conexión 902 está configurada para conectarse a un nodo de red inalámbrica LC. La unidad de selección 904 está configurada para, según el nodo de red inalámbrica LC al que se conecta el dispositivo inalámbrico, seleccionar un subconjunto de la pluralidad de haces de transmisión o recepción. La unidad de barrido del haz 906 está configurada para llevar a cabo un procedimiento de barrido del haz usando el subconjunto de haces de transmisión o recepción para seleccionar un haz de transmisión o recepción para la comunicación con el nodo de red de acceso radioeléctrico.

La **Figura 10** es un diagrama esquemático de un nodo de red de comunicación inalámbrica por luz 1000 según realizaciones de la divulgación. El nodo de red de acceso radioeléctrico 1000 puede configurarse para llevar a cabo la señalización del nodo de red de comunicación inalámbrica por luz 106, descrita anteriormente con respecto a la Figura 2, y/o el método descrito anteriormente con respecto a la Figura 5.

El nodo de red de comunicación inalámbrica por luz 1000 comprende la circuitería de procesamiento 1002 (tal como uno o más procesadores, procesadores de señal digital, unidades de procesamiento de propósito general,

etc.), un medio legible por máquina 1004 (p. ej., memoria tal como memoria de solo lectura (ROM), memoria de acceso aleatorio, memoria caché, dispositivos de memoria *flash*, dispositivos de almacenamiento óptico, etc.) y una o más interfaces 1006. Las una o más interfaces 1006 pueden comprender una o más fuentes de luz (p. ej., LED), cuya salida puede ser modulada con una fuente de datos para permitir la transmisión de datos inalámbricos a través del medio de luz. Las interfaces 1006 pueden comprender además una interfaz para las comunicaciones de retroceso, tal como una interfaz inalámbrica, cableada (p. ej., alimentación a través de Ethernet) u óptica. Los componentes se ilustran acoplados en serie; sin embargo, los expertos en la materia apreciarán que los componentes pueden ser acoplados de cualquier manera adecuada (p. ej., por medio de un bus de sistema o semejante).

El nodo de red inalámbrica LC 1000 es operable en una red de comunicación que comprende además uno o más nodos de red de acceso radioeléctrico, donde cada uno forma una respectiva celda radioeléctrica.

Según realizaciones de la divulgación, el medio legible por computadora 1004 almacena instrucciones que, cuando son ejecutadas por la circuitería de procesamiento 1002, causan que el nodo 1000: establezca una conexión inalámbrica LC con un dispositivo inalámbrico; y transmita, a un nodo de red de acceso radioeléctrico, un mensaje de información que comprende una indicación de que el dispositivo inalámbrico se conecta al nodo de red inalámbrica LC.

En otras realizaciones de la divulgación, el nodo 1000 puede comprender circuitería de alimentación (no ilustrada). La circuitería de alimentación puede comprender, o estar acoplada a, circuitería de gestión de alimentación y está configurada para suministrar alimentación a los componentes del nodo 1000 para llevar a cabo la funcionalidad descrita en el presente documento. La circuitería de alimentación puede recibir alimentación desde una fuente de alimentación. La fuente de alimentación y/o la circuitería de alimentación pueden

configurarse para proporcionar alimentación a los diversos componentes del nodo 1000 en una forma adecuada para los respectivos componentes (p. ej., a un nivel de voltaje y corriente necesarios para cada respectivo componente). La fuente de alimentación puede estar incluida en, o ser externa a, la circuitería de alimentación y/o el nodo 1000. Por ejemplo, el nodo 1000 puede conectarse a una fuente de alimentación externa (p. ej., un tomacorriente eléctrico) por medio de una circuitería o interfaz de entrada tal como un cable eléctrico, por el cual la fuente de alimentación externa suministra alimentación a la circuitería de alimentación. Como ejemplo adicional, la fuente de alimentación puede comprender una fuente de alimentación en la forma de una batería o paquete de baterías que está conectada o integrada en la circuitería de alimentación. La batería puede proporcionar alimentación de respaldo si falla la fuente de alimentación externa. También se pueden usar otros tipos de fuentes de alimentación, tales como dispositivos fotovoltaicos.

La **Figura 11** es un diagrama esquemático de un nodo de red de comunicación inalámbrica por luz 1100 según realizaciones de la divulgación. El nodo de red de comunicación inalámbrica por luz 1100 puede configurarse para llevar a cabo la señalización del nodo de red de comunicación inalámbrica por luz 106, descrita anteriormente con respecto a la Figura 2, y/o el método descrito anteriormente con respecto a la Figura 5.

El nodo de red de comunicación inalámbrica por luz 1100 comprende una unidad de conexión 1102 y una unidad de transmisión 1104. El nodo de red de comunicación inalámbrica por luz puede comprender además una o más interfaces (no ilustradas). Las una o más interfaces 1106 pueden comprender una o más fuentes de luz (p. ej., LED), cuya salida puede ser modulada con una fuente de datos para permitir la transmisión de datos inalámbricos a través del medio de luz. Las interfaces 1006 pueden comprender además una interfaz para

las comunicaciones de retroceso, tal como una interfaz inalámbrica, cableada (p. ej., alimentación a través de Ethernet) u óptica.

El nodo de red inalámbrica LC 1100 es operable en una red de comunicación que comprende además uno o más nodos de red de acceso radioeléctrico, donde cada uno forma una respectiva celda radioeléctrica.

Según realizaciones de la divulgación, la unidad de conexión 1102 está configurada para establecer una conexión inalámbrica LC con un dispositivo inalámbrico. La unidad de transmisión 1104 está configurada para transmitir, a un nodo de red de acceso radioeléctrico, un mensaje de información que comprende una indicación de que el dispositivo inalámbrico se conecta al nodo de red inalámbrica LC.

El término “unidad” puede tener un significado convencional en el campo de la electrónica, los dispositivos eléctricos y/o dispositivos electrónicos; y puede incluir, por ejemplo, circuitería eléctrica y/o electrónica, dispositivos, módulos, procesadores, memorias, dispositivos lógicos de estado sólido y/o aparte, programas informáticos o instrucciones para llevar a cabo las respectivas tareas, procedimientos, cálculos, emisiones y/o muestra de funciones, etc., tal como los descritos en el presente documento.

Con referencia a la **Figura 12**, de conformidad con una realización, un sistema de comunicación incluye una red de telecomunicaciones 1210, tal como una red celular de tipo 3GPP, que comprende una red de acceso 1211, tal como una red de acceso radioeléctrico, y una red central 1214. La red de acceso 1211 comprende una pluralidad de estaciones base 1212a, 1212b, 1212c, tales como NB, eNb, gNB u otros tipos de puntos de acceso inalámbricos, cada uno define un área de cobertura correspondiente 1213a, 1213b, 1213c. Cada estación base 1212a, 1212b, 1212c puede conectarse a la red central 1214 a través de una conexión cableada o inalámbrica 1215. Un primer UE 1291 ubicado en el área de cobertura 1213c está configurado para conectarse de manera

inalámbrica a, o para estar paginada por, la correspondiente estación base 1212c. Un segundo UE 1292 en el área de cobertura 1213a puede conectarse de manera inalámbrica a la correspondiente estación base 1212a. Aunque en este ejemplo se ilustra una pluralidad de UE 1291, 1292, las realizaciones divulgadas son igualmente aplicables a una situación donde un único UE está en el área de cobertura o donde un único UE se conecta a la correspondiente estación base 1212.

La red de telecomunicación 1210 se conecta por sí sola al equipo central 1230, que puede estar comprendido 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 granja de servidores. El equipo central 1230 puede encontrarse bajo la propiedad o el control de un proveedor de servicios o puede ser operado por un proveedor de servicios o en representación del proveedor de servicios. Las conexiones 1221 y 1222 entre la red de telecomunicación 1210 y el equipo central 1230 pueden extenderse directamente desde la red central 1214 a un equipo central 1230 o pueden navegar mediante una red intermedia opcional 1220. La red intermedia 1220 puede consistir en una red pública, privada o central, o una combinación de más de una de estas; la red intermedia 1220, si aplica, puede ser una red troncal o el Internet, en particular, la red intermedia 1220 puede comprender dos o más subredes (no se muestran).

El sistema de comunicación de la Figura 12 en su conjunto permite la conectividad entre los UE conectados 1291, 1292 y el equipo central 1230. La conectividad puede describirse como una conexión de libre transmisión (OTT) 1250. El equipo central 1230 y los UE conectados 1291, 1292 se configuran para comunicar datos y/o señalización mediante la conexión OTT 1250, usando la red de acceso 1211, la red central 1214, cualquier red intermedia 1220 y otra posible infraestructura (no se muestra) como intermediarios. La conexión OTT 1250

puede ser transparente en el sentido de que los dispositivos de comunicación participantes, mediante los cuales pasa la conexión OTT 1250, no tienen conocimiento del enrutamiento de las comunicaciones de enlace ascendente y descendente. Por ejemplo, la estación base 1212 puede no estar informada o no requerir estar informada sobre el enrutamiento pasado de una comunicación de enlace descendente entrante con datos que se originan del equipo central 1230 a enviar (p. ej., entregados) a un UE conectado 1291. Similarmente, la estación de base 1212 no necesita tener conocimiento del enrutamiento futuro de una comunicación de enlace ascendente continuo que se origina del UE 1291 hacia el equipo central 1230.

Ahora se describirán, con referencia a la **Figura 13**, implementaciones ejemplares, de conformidad con una realización, del UE, de la estación base y del equipo central que se discutieron en los párrafos anteriores. En el sistema de comunicación 1300, el equipo central 1310 comprende el *hardware* 1315 que incluye una interfaz de comunicación 1316 configurada para establecer y mantener una conexión cableada o inalámbrica con una interfaz de un dispositivo de comunicación diferente del sistema de comunicación 1300. El equipo central 1310 además comprende la circuitería de procesamiento 1318, que puede tener capacidades de almacenamiento y/o procesamiento. En particular, la circuitería de procesamiento 1318 puede comprender uno o más procesadores programables, circuitos integrados específicos de la aplicación, matrices de puertas programables en el campo o combinaciones de estos, no se muestran, adaptados para ejecutar instrucciones. El equipo central 1310 puede además comprender un *software* 1311, que está almacenado en, o es accesible mediante, el equipo central 1310 y ejecutable por la circuitería de procesamiento 1318. El *software* 1311 incluye una aplicación central 1312. La aplicación central 1312 puede ser operable para proporcionar un servicio a un usuario remoto, tal como el UE 1330, conectando a través de la conexión

OTT 1350, terminando en el UE 1330 y el equipo central 1310. Al proporcionar el servicio al usuario remoto, la aplicación central 1312 puede proporcionar datos de usuario que se transmiten al usar la conexión OTT 1350.

El sistema de comunicación 1300 además incluye la estación de base 1320 proporcionada en un sistema de telecomunicación y comprende el *hardware* 1325, permitiéndole comunicarse con el equipo central 1310 y con el UE 1330. El *hardware* 1325 puede incluir una interfaz de comunicación 1326 para configurar y mantener una conexión cableada o inalámbrica con una interfaz de un dispositivo de comunicación diferente del sistema de comunicación 1300, así como una interfaz radioeléctrica 1327 para configurar y mantener al menos una conexión inalámbrica 1370 con el UE 1330 ubicado en un área de cobertura (no mostrada en la Figura 13) servida por la estación base 1320. La interfaz de comunicación 1326 se puede configurar para facilitar la conexión 1360 al equipo central 1310. La conexión 1360 puede ser directa o puede pasar a través de una red central (no mostrada en la Figura 13) del sistema de telecomunicaciones y/o a través de una o más redes intermedias fuera del sistema de telecomunicaciones. En la realización que se exhibe, el *hardware* 1325 de la estación de base 1320 además incluye la circuitería de procesamiento 1328, el cual puede comprender uno o más procesadores programables, circuitos integrados específicos de la aplicación, matrices de puertas programables en el campo o combinaciones de estos (no se muestran) adaptados para ejecutar instrucciones. La estación base 1320 tiene además el *software* 1321 almacenado internamente o accesible mediante una conexión externa.

El sistema de comunicación 1300 además incluye el UE 1330 al que ya se hizo referencia. Su *hardware* 1335 puede incluir la interfaz radioeléctrica 1337 configurada para establecer y mantener la conexión inalámbrica 1370 con una estación base que brinda servicio a un área de cobertura en el que el UE 1330 se encuentra actualmente ubicado. El *hardware* 1335 del UE 1330 además

incluye la circuitería de procesamiento 1338, la cual puede comprender uno o más procesadores programables, circuitos integrados específicos de la aplicación, matrices de puertas programables en el campo o combinaciones de estos (no se muestran) adaptados para ejecutar instrucciones. El UE 1330 puede además comprender un *software* 1331, que está almacenado en, o es accesible mediante, el UE 1330 y ejecutable por la circuitería de procesamiento 1338. El *software* 1331 incluye una aplicación de cliente 1332. La aplicación de cliente 1332 puede ser operable para proporcionar un servicio a un usuario humano o no humano por medio del UE 1330, con el soporte de equipo central 1310. En el equipo central 1310, una aplicación central en ejecución 1312 puede comunicarse con la aplicación de cliente en ejecución 1332 por medio de la conexión OTT 1350, terminando en el UE 1330, y el equipo central 1310. Al proporcionar el servicio al usuario, la aplicación de cliente 1332 puede recibir datos de solicitud desde la aplicación central 1312 y proporcionar datos de usuario en respuesta a los datos de solicitud. La conexión OTT 1350 puede transferir los datos de solicitud y los datos de usuario. La aplicación de cliente 1332 puede interactuar con el usuario para generar los datos de usuario que proporciona.

Se observa que el equipo central 1310, la estación base 1320 y el UE 1330 ilustrados en la Figura 13 pueden ser similares o idénticos al equipo central 1230, una de las estaciones base 1212a, 1212b, 1212c y uno de los UE 1291, 1292 de la Figura 12, respectivamente. Es decir, el funcionamiento interno de estas entidades puede ser el que se muestra en la Figura 13 e, independientemente, la topología de red circundante puede ser la de la Figura 12.

En la Figura 13, la conexión OTT 1350 se ha dibujado de forma abstracta para ilustrar la comunicación entre el equipo central 1310 y el UE 1330, mediante la estación base 1320, sin referencia explícita a cualquier dispositivo

intermediario y el enrutamiento preciso de los mensajes mediante estos dispositivos. La infraestructura de la red puede determinar el enrutamiento, que puede estar configurada para ocultarse del UE 1330, del proveedor de servicios que opera el equipo central 1310 o de ambos. Si bien la conexión OTT 1350 está activa, la infraestructura de la red puede además tomar decisiones mediante las cuales cambia dinámicamente el enrutamiento (p. ej., basándose en la consideración del equilibrio de carga o la reconfiguración de la red).

La conexión inalámbrica 1370 entre el UE 1330 y la estación base 1320 es de conformidad con las enseñanzas de las realizaciones que se describen a lo largo de esta divulgación. Una o más de las varias realizaciones mejoran el rendimiento de los servicios OTT prestados al UE 1330 usando la conexión OTT 1350, donde la conexión inalámbrica 1370 forma el último segmento. Más precisamente, las enseñanzas de estas realizaciones pueden mejorar la latencia y el consumo de energía y, por lo tanto, proporcionar beneficios tales como la reducción del tiempo de espera del usuario y la duración extendida de la batería.

Para el monitoreo de la velocidad de transferencia de datos, la latencia y otros factores en los que mejoran las una o más de una de las realizaciones puede proporcionarse un procedimiento de medición. Además, podría haber una funcionalidad de red opcional para reconfigurar la conexión OTT 1350 entre el equipo central 1310 y el UE 1330, en respuesta a las variaciones en los resultados de medición. El procedimiento de medición y/o la funcionalidad de red para reconfigurar la conexión OTT 1350 se podría implementar en el *software* 1311 y el *hardware* 1315 del equipo central 1310 o en el *software* 1331 y el *hardware* 1335 del UE 1330, o ambos. En realizaciones, pueden desplegarse sensores (no se muestran) en o en asociación con dispositivos de comunicación a través de los cuales pasa la conexión OTT 1350; los sensores podrían participar en el procedimiento de medición al suministrar valores de las cantidades supervisadas que se ejemplifican arriba o al suministrar valores de

otras cantidades físicas de las cuales el *software* 1311, 1331 podría calcular o estimar las cantidades supervisadas. La reconfiguración de la conexión OTT 1350 podría incluir u formato de mensaje, configuraciones de retransmisión, enrutamiento preferido, etc.; no es necesario que la reconfiguración afecta la estación base 1320, y podría ser desconocido o imperceptible a la estación base 1320. Tales procedimientos y funcionalidades pueden conocerse y practicarse en la materia. En determinadas realizaciones, las mediciones pueden involucrar mediciones del equipo central 1310 que facilitan la señalización del UE de propiedad del rendimiento, tiempos de propagación, latencia y similares. Las mediciones se pueden implementar en aquel *software* 1311 y 1331 que genera la transmisión de mensajes, en particular mensajes vacíos “ficticios”, usando la conexión OTT 1350, mientras supervisa los tiempos de propagación, errores, etc.

La **Figura 14** es un esquema de operaciones que muestra un método implementado en un sistema de comunicación, de conformidad con una realización. El sistema de comunicación incluye un equipo central, una estación base y un UE, que pueden ser aquellos descritos con referencia a las Figuras 12 y 13. Para simplificar la presente divulgación, solo se incluirán en esta sección las referencias de los dibujos a la Figura 14. En el paso 1410, el equipo central proporciona datos de usuario. En el subpaso 1411 (que puede ser opcional) del paso 1410, el equipo central proporciona los datos de usuario al ejecutar una aplicación central. En el paso 1420, el equipo central inicia una transmisión que transporta los datos del usuario al UE. En el paso 1430 (que puede ser opcional), la estación base transmite al UE los datos del usuario transportados en la transmisión que inició el equipo central, de conformidad con las enseñanzas de las realizaciones descritas a lo largo de la presente divulgación. En el paso 1440 (que también puede ser opcional), el UE ejecuta una aplicación de cliente asociada con la aplicación central ejecutada por el equipo central.

La **Figura 15** es un esquema de operaciones que ilustra un método implementado en un sistema de comunicación, de conformidad con una realización. El sistema de comunicación incluye un equipo central, una estación base y un UE, que pueden ser aquellos descritos con referencia a las Figuras 12 y 13. Para simplificar la presente divulgación, solo se incluirán en esta sección las referencias de los dibujos a la Figura 15. En el paso 1510 del método, el equipo central proporciona datos del usuario. En un subpaso opcional (no se muestra) el equipo central proporciona los datos de usuario al ejecutar una aplicación central. En el paso 1520, el equipo central inicia una transmisión que transporta los datos del usuario al UE. La transmisión puede pasar por medio de la estación base, de conformidad con las enseñanzas de las realizaciones descritas a lo largo de esta divulgación. En el paso 1530 (que puede ser opcional), el UE recibe los datos del usuario transportados en la transmisión.

La **Figura 16** es un esquema de operaciones que ilustra un método implementado en un sistema de comunicación, de conformidad con una realización. El sistema de comunicación incluye un equipo central, una estación base y un UE, que pueden ser aquellos descritos con referencia a las Figuras 12 y 13. Para simplificar la presente divulgación, solo se incluirán en esta sección las referencias de los dibujos a la Figura 16. En el paso 1610 (que puede ser opcional), el UE recibe datos de entrada proporcionados por el equipo central. Adicional o alternativamente, en el paso 1620, el UE proporciona datos del usuario. En el subpaso 1621 (que puede ser opcional) del paso 1620, el UE proporciona los datos de usuario ejecutando una aplicación de cliente. En el subpaso 1611 (que puede ser opcional) del paso 1610, el UE ejecuta una aplicación de cliente que proporciona los datos de usuario en reacción a los datos de entrada recibidos proporcionados por el equipo central. Al proporcionar los datos de usuario, la aplicación cliente ejecutada puede considerar además la entrada de usuario recibida del usuario. Independientemente de la forma

específica en que se proporcionaron los datos de usuario, el UE inicia, en el subpaso 1630 (que puede ser opcional), la transmisión de los datos al usuario al equipo central. En el paso 1640 del método, el equipo central recibe los datos del usuario transmitidos desde el UE, de conformidad con las enseñanzas de las realizaciones descritas a lo largo de la presente divulgación.

La **Figura 17** es un esquema de operaciones que muestra un método implementado en un sistema de comunicación, de conformidad con una realización. El sistema de comunicación incluye un equipo central, una estación base y un UE, que pueden ser aquellos descritos con referencia a las Figuras 12 y 13. Para simplificar la presente divulgación, solo se incluirán en esta sección las referencias de los dibujos a la Figura 17. En el paso 1710 (que puede ser opcional), de conformidad con las enseñanzas de las realizaciones descritas a lo largo de la presente divulgación, la estación base recibe datos del usuario del UE. En el paso 1720 (que puede ser opcional), la estación base inicia la transmisión de los datos del usuario recibidos al equipo central. En el paso 1730 (que puede ser opcional), el equipo central recibe los datos del usuario transportados en la transmisión iniciada por la estación base.

Cabe señalar que las realizaciones mencionadas anteriormente ilustran más que limitan los conceptos descritos en el presente documento, y que los expertos en la materia podrán diseñar muchas realizaciones alternativas sin apartarse del alcance de las siguientes declaraciones adjuntas. La frase “que comprende” no excluye la presencia de elementos o pasos diferentes de los indicados en una declaración, “un” o “una” no excluye una pluralidad y un solo procesador u otra unidad puede cumplir las funciones de varias unidades listadas en las declaraciones. Los signos de referencia en las declaraciones no deben interpretarse de manera de limitar su alcance.

Anexo A

Comunicación por luz punto a punto

Estudios recientes en el ámbito académico y primeros prototipos de la industria han mostrado que la Comunicación por luz visible (VLC) tiene el potencial de convertirse en un nuevo medio de comunicación inalámbrica en interiores. Este es también el caso de la Comunicación por luz (LC) en general que despliega frecuencias que no pertenecen al espectro óptico visible, tales como la luz infrarroja. En particular, se prevén varios gigabits por segundo (Gb/s) de sistemas de comunicación inalámbrica que emplean el espectro óptico para fines de comunicación.

El concepto principal que rige la LC es comunicar datos binarios mediante niveles de intensidad de luz que varían rápidamente. En mayor detalle, la fuente transmisora despliega uno o varios diodos emisores de luz (LED) para modular datos binarios en diferentes niveles de intensidad de luz emitida. Los LED desplegados cambian los niveles de intensidad de luz emitida a velocidades que no son perceptibles por el ojo humano. Así, la incorporación de LC en un sistema de iluminación no afecta la calidad de iluminación. El dispositivo receptor detecta los cambios de la intensidad de la luz emitida mediante, por ejemplo, fotodetectores (PD) y, de esta manera, el dispositivo receptor es capaz de detectar los datos binarios transmitidos. Tal y como se expresó anteriormente, debido a la naturaleza del canal óptico, se usa modulación de intensidad (IM) con detección directa (DD) (véase, por ejemplo, un documento de Kahn y Barry, "Wireless Infrared Communications", Proceedings of the IEEE, vol. 85, págs. 265-298). Esto significa que la señal transmitida/recibida tiene que ser real y estrictamente positiva. Esto impone determinadas limitaciones en las técnicas de comunicación desplegadas, tanto en la transmisión de una sola portadora como en la de varias portadoras. Sin embargo, debido al área física relativa grande de un PD en comparación con la longitud de onda de la portadora, la propagación

multitrayecto está ausente. Por lo tanto, la LC puede usar técnicas de procesamiento de señales que son menos complejas.

Asumiendo un sistema LC 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, $j = 1, \dots, N_t^{LC}$ está dado 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 línea de visión (LoS), mientras que $h_{i,j}^{NLOS}(t)$ representa el componente difuso. En la literatura académica, el componente LoS $h_{i,j}^{LOS}$ también se conoce como componente de corriente continua (DC). El componente difuso $h_{i,j}^{NLOS}(t)$ es el resultado agregado de numerosos reflejos de luz desde las superficies circundantes. En (1), $h_{i,j}^{LOS}$ representa la ganancia óptica de LoS, que está dada como:

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

donde A representa el área de cada PD y k es el factor lambertiano que denota el orden de direccionalidad. El factor lambertiano k está dado como:

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

siendo $\Phi_{\frac{1}{2}}$ el semiángulo del 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 del transmisor y el ángulo de incidencia de la luz en el i -ésimo PD desde el j -ésimo LED con respecto al vector ortonormal del plano del receptor del i -ésimo PD, respectivamente. El semiángulo del campo de visión (FOV) de cada PD se denota como $\Psi_{\frac{1}{2}}$. Dado que los LED y PD están colocados en un espacio tridimensional, sus posiciones espaciales pueden describirse mediante sus coordenadas cartesianas. Así, el ángulo $\phi_{i,j}$ y $\psi_{i,j}$ puede calcularse 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,

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

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 $\mathbf{y}$. También, $\mathbf{p}_t^j$ 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 del i -ésimo PD, $i = 1, \dots, N_r^{\text{LC}}$ respectivamente. La orientación del j -ésimo LED, $j = 1, \dots, N_t$, está dada desde el 3×1 vector ortonormal $\mathbf{o}_t^j$, que es vertical al plano del LED. De manera similar, el vector ortonormal, $\mathbf{o}_r^i$, que es vertical al plano del i -ésimo PD, representa la orientación del i -ésimo PD. Por último, la distancia, $d_{i,j}$, entre el i -ésimo PD y el j -ésimo LED puede calcularse como:

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

En escenarios LC interiores típicos, la mayor parte de la energía de la señal óptica está incluida en el componente LoS. En mayor detalle, el componente LoS incluye el 95% de la energía recolectada por los PD. Por lo tanto, según las mediciones experimentales y la investigación académica, el componente difuso, $h_{i,j}^{\text{NLOS}}(t)$, puede despreciarse. Así, es bastante razonable suponer que:

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

Aunque el ancho de banda óptico es grande, la comunicación LC está limitada por el ancho de banda debido a la naturaleza selectiva de frecuencia de los LED comerciales. En mayor detalle, un LED comercial se comporta como un filtro paso bajo con una respuesta de frecuencia $H_{\text{LED}}(f)$. La forma específica de la respuesta de frecuencia de un LED, $H_{\text{LED}}(f)$, depende del tipo específico de LED (azul o blanco). Así, se espera que se de en la forma de especificaciones de su fabricante o se obtenga por medio de mediciones experimentales. Nótese que $H_{\text{LED}}(f)$ 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, $H_{\text{LED}}(f)$, el canal LC compuesto, que incluye tanto el LED como el canal óptico físico real, se expresa (aproxima) como:

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

Nótese que aquí, sin pérdida de generalidad, se supone indirectamente que todos los LED pertenecen a la misma familia y tienen la misma respuesta de frecuencia. Si este no es el caso, pueden usarse más índices en (8) para denotar las diferentes respuestas de frecuencia de cada familia de LED usada.

Siempre que la velocidad de transmisión se ajuste correctamente para evitar la interferencias entre símbolos (ISI) o la ISI pueda despreciarse, la ecuación de sistema de un sistema LC MIMO de una sola portadora se expresa como:

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

En (9), el $N_r^{\text{LC}} \times 1$ vector de señal recibida se expresa como $\mathbf{y}$; la capacidad de respuesta del PD, en A/W, está denotada por r ; $\mathbf{H}^{\text{LC}}$ es una $N_r^{\text{LC}} \times N_t^{\text{LC}}$ matriz que denota el canal MIMO físico óptico; el (i, j) elemento de $\mathbf{H}^{\text{LC}}$, $i = 1, \dots, N_r^{\text{LC}}$, $j = 1, \dots, N_t^{\text{LC}}$, está dado por (2); $\mathbf{x}$ es el $N_t^{\text{LC}} \times 1$ vector de señal óptica transmitida; los elementos de $\mathbf{x}$ dependen del esquema de transmisión MIMO desplegado y de la constelación usada para modular ópticamente los datos binarios; por último, $\mathbf{w}^{\text{LC}}$ es un $N_r^{\text{LC}} \times 1$ vector que representa el efecto compuesto del ruido de disparo ambiental y del ruido térmico.

Debido a la naturaleza del canal óptico, la formación de la comunicación basada en multiplexación por división de frecuencias ortogonales (OFDM) es más desafiante en comparación con la comunicación de radiofrecuencia (RF). En mayor detalle, como se mencionó anteriormente, el canal óptico soporta la transmisión de señales reales y no negativas. Por lo tanto, el diseño de una LC multiportadora requiere el tratamiento de la limitación anterior. Una técnica para

crear señales reales a partir de señales complejas es el uso de la transformada inversa rápida de Fourier (IFFT) combinada con su simetría hermitiana en el dominio de frecuencia. Esta técnica crea señales reales, que pueden ser negativas o positivas, sacrificando la mitad de las subportadoras disponibles. Como las señales resultantes son aún negativas o positivas (bipolares), pueden ser representadas o aproximadas en una forma positiva (unipolares). En la literatura, esto se ha logrado mediante diferentes enfoques. Esto generó una plétora de esquemas de modulación basados en OFDM óptica (p. ej., como se describe en un artículo de Tsonev, Sinanovic y Haas, “Complete Modeling of Nonlinear Distortion in OFDM-Based Optical Wireless Communications”, *Journal of Lightwave Technology*, vol. 31, págs. 3064-3076). Un ejemplo es DCO-OFDM que simplemente introduce un sesgo DC a las señales bipolares resultantes combinado con recorte (para eliminar los valores grandes). A pesar de la plétora de diferentes esquemas basados en OFDM, todos los esquemas apuntan a la creación de un número de subportadoras ortogonales que forman un espectro de transmisión plano. Independientemente del esquema de modulación basado en OFDM óptica considerado, la k -ésima subportadora se describe matemáticamente como:

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

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

Despliegue celular en redes LC

De manera similar a la comunicación RF, la LC puede usarse en un despliegue celular donde numerosos puntos de acceso (AP) se dedican a

proporcionar cobertura inalámbrica en un espacio interior. Por ejemplo, numerosas luminarias que actúan como LC AP pueden colocarse correctamente en el techo de una habitación con fines de iluminación y comunicación inalámbrica óptica. Aquí se supone que los LC AP considerados están interconectados mediante una conexión de retroceso, tal como alimentación a través de Ethernet. El objetivo principal de la comunicación celular es aumentar el número de estaciones (STA) servidas al separar espacialmente el espacio (interior) considerado en numerosas celdas. A cada celda se le asigna un cierto número de STA que son servidas 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, se usa todo el espectro en toda la red celular y se observa el nivel máximo de interferencia. Además, cada STA está asociada con un AP (celda) específico según una determinada función objetiva. Por ejemplo, un método es asociar cada STA al AP que proporciona el valor máximo de la relación señal a interferencia más ruido (SINR). Un método alternativo es asociar cada STA al AP con la proximidad espacial más cercana. Nótese que en LC, debido a la naturaleza direccional del canal inalámbrico óptico, la formación de un sistema celular LC está fuertemente influenciada por la configuración geométrica del AP y las posiciones y orientaciones espaciales de las STA. Esto queda claro si se observa (2) y (8). A través de (2) y (8), puede verse 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 lo tanto, su SINR de recepción observada.

Posicionamiento aproximado en redes celulares LC

Una característica principal de la LC es la naturaleza fuertemente direccional de su canal óptico, especialmente con el uso de lentes. En particular,

esto puede verse claramente a partir de (2) y (8), donde el canal inalámbrico óptico se aproxima en una forma conveniente. En mayor detalle, (2) y (8) muestran que el canal LC está determinado por la configuración geométrica del transceptor considerado y las especificaciones de los LED y PD desplegados.

La SINR de recepción alcanzada de un transceptor LC, en la k -ésima subportadora está dada como:

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

donde P_k es la potencia óptica transmitida en la k -ésima subportadora; N_k es la varianza de la gaussiana y el ruido 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 norma de Frobenius.

En las futuras redes celulares LC, puede suponerse que la interferencia será bien controlada debido a la cuidadosa planificación de despliegue del LED transmisor. Por lo tanto, el efecto de la interferencia puede suponerse como despreciable ($I_k \approx 0$) o el valor de la interferencia, I_k , puede estimarse o delimitarse exactamente para cualquier posición dada en el espacio. En particular, para cada celda LC considerada, el nivel máximo de interferencia, I_{max} , puede calcularse sin conexión para la región de cobertura de cada celda. Así, para cada celda LC, la interferencia, I_k , en (11) puede tratarse como una cantidad determinista que es conocida. Por esta razón, la observación concurrente de (2)-(8) y (11) muestra que el valor de SINR_k puede estimarse o delimitarse exactamente a partir de (11) para cada posición en el espacio tridimensional. Así, si el método de asociación celular usado por una red celular LC se basa en el valor de SINR_k en (11), para una sola, una porción, o todas las subportadoras disponibles, el área de cobertura de cada celda puede definirse y estimarse exactamente. El resultado directo de esta conclusión es que, cuando un receptor LC está asociado con una determinada celda, la red puede conocer

exactamente la posición aproximada de este receptor. Por cierto, esto es directamente válido cuando la asociación celular se basa en la posición espacial del receptor LC.

En general, puede concluirse que, debido a la naturaleza direccional del canal LC, el espacio de cobertura de una celda LC puede estimarse exactamente desde la red. Así, cuando un receptor LC está asociado con una celda LC específica, su posición aproximada es directamente conocida por la red.

Anexo B

Los siguientes párrafos numerados indican realizaciones de la divulgación y se refieren a las reivindicaciones adjuntas:

1. Un sistema de comunicación que incluye un equipo central que comprende:

- circuitería de procesamiento configurada para proporcionar datos de usuario; y

- una interfaz de comunicación configurada para enviar los datos de usuario a una red celular para su transmisión a un equipo de usuario (UE),

- donde la red celular comprende una estación base que tiene una interfaz radioeléctrica y circuitería de procesamiento, la circuitería de procesamiento de la estación base está configurada para llevar a cabo cualquiera de los pasos de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10.

2. El sistema de comunicación de la realización anterior incluye además la estación base.

3. El sistema de comunicación de las 2 realizaciones anteriores, que incluye además el UE, donde el UE está configurado para comunicarse con la estación base.

4. El sistema de comunicación de las 3 realizaciones anteriores, donde:

- la circuitería de procesamiento del equipo central está configurada para ejecutar una aplicación central, y proporcionar, así, los datos de usuario; y

- el UE comprende circuitería de procesamiento configurados para ejecutar una aplicación de cliente asociada con la aplicación central.

5. Un método implementado en un sistema de comunicación que incluye un equipo central, una estación base y un equipo de usuario (UE); el método comprende:

- en el equipo central, proveer datos de usuario; y

- en el equipo central, iniciar una transmisión que porta los datos de usuario al UE a través de una red celular que comprende la estación base, donde la estación base lleva a cabo cualquiera de los pasos de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10.

6. El método de la realización anterior, que además comprende, en la estación base, la transmisión de los datos del usuario.

7. El método de las 2 realizaciones anteriores, donde los datos del usuario se proporcionan en el equipo central mediante la ejecución de la aplicación central. El método además comprende, en el UE, la ejecución de la aplicación de cliente asociada con la aplicación central.

8. Un equipo de usuario (UE) configurado para comunicarse con una estación base; el UE comprende una interfaz radioeléctrica y circuitería de procesamiento configurada para llevar a cabo las 3 realizaciones anteriores.

9. Un sistema de comunicación que incluye un equipo central que comprende:

- circuitería de procesamiento configurada para proporcionar datos de usuario; y
- una interfaz de comunicación configurada para enviar los datos de usuario a una red celular para su transmisión a un equipo de usuario (UE),
- donde el UE comprende una interfaz radioeléctrica y circuitería de procesamiento, los componentes del UE están configurados para realizar cualquiera de los pasos de cualquiera de las realizaciones del Grupo A.

10. El sistema de comunicación de la realización anterior, donde la red celular incluye además una estación base configurada para comunicarse con el UE.

11. El sistema de comunicación de las 2 realizaciones anteriores, donde:

- la circuitería de procesamiento del equipo central está configurada para ejecutar una aplicación central, y proporcionar, así, los datos de usuario; y

- la circuitería de procesamiento del UE está configurada para ejecutar una aplicación de cliente asociada con la aplicación central.

12. Un método implementado en un sistema de comunicación que incluye un equipo central, una estación base y un equipo de usuario (UE); el método comprende:

- en el equipo central, proveer datos de usuario; y
- en el equipo central, iniciar una transmisión que porta los datos de usuario al UE a través de una red celular que comprende la estación base, donde el UE lleva a cabo cualquiera de los pasos de cualquiera de las reivindicaciones 11 a 18.

13. El método de la realización anterior que además comprende, en el UE, recibir los datos de usuario de la estación base.

14. Un sistema de comunicación que incluye un equipo central que comprende:

- una interfaz de comunicación configurada para recibir los datos de usuario procedentes de una transmisión de un equipo de usuario (UE) a una estación base,

- donde el UE comprende una interfaz radioeléctrica y circuitería de procesamiento, la circuitería de procesamiento del UE está configurada para llevar a cabo cualquiera de los pasos de cualquiera de las reivindicaciones 11 a 18.

15. El sistema de comunicación de la realización anterior, que incluye además el UE.

16. El sistema de comunicación de las 2 realizaciones anteriores, que incluye además la estación base, donde la estación base comprende una interfaz radioeléctrica configurada para comunicarse con el UE y una interfaz de comunicación configurada para enviarle al equipo central los datos del usuario transmitidos a través de una transmisión desde el UE hasta la estación base.

17. El sistema de comunicación de las 3 realizaciones anteriores, donde:

- la circuitería de procesamiento del equipo central está configurada para ejecutar una aplicación central; y

- la circuitería de procesamiento del UE está configurada para ejecutar una aplicación de cliente asociada con la aplicación central, y proporcionar así los datos de usuario.

18. El sistema de comunicación de las 4 realizaciones anteriores, donde:

- la circuitería de procesamiento del equipo central está configurada para ejecutar una aplicación central, y proporcionar así los datos de solicitud; y

- la circuitería de procesamiento del UE está configurada para ejecutar una aplicación de cliente asociada con la aplicación central, y proporcionar así los datos de usuario en respuesta a los datos de solicitud.

19. Un método implementado en un sistema de comunicación que incluye un equipo central, una estación base y un equipo de usuario (UE); el método comprende:

- en el equipo central, recibir los datos del usuario transmitidos a la estación base desde el UE, donde el UE lleva a cabo cualquiera de los pasos de cualquiera de las reivindicaciones 11 a 18.

20. El método de la realización anterior que además comprende, en el UE, proporcionar los datos del usuario a la estación base.

21. El método de las 2 realizaciones anteriores, que además comprende:

- en el UE, ejecutar una aplicación de cliente, y proporcionar así los datos de usuario que se van a transmitir; y

- en el equipo central, ejecutar una aplicación central asociada con la aplicación de cliente.

22. El método de las 3 realizaciones anteriores, que además comprende:

- en el UE, ejecutar una aplicación de cliente; y

- en el UE, recibir datos de entrada para la aplicación de cliente, donde los datos de entrada se proporcionan en el equipo central cuando se ejecuta una aplicación central asociada con la aplicación de cliente,
- donde la aplicación de cliente proporciona los datos de usuario que deben transmitirse en respuesta a los datos de entrada.

23. Un sistema de comunicación que incluye un equipo central que comprende una interfaz de comunicación configurada para recibir datos de usuario procedentes de una transmisión desde un equipo de usuario (UE) hasta una estación base, donde la estación base comprende una interfaz radioeléctrica y circuitería de procesamiento, la circuitería de procesamiento de la estación base está configurada para llevar a cabo cualquiera de los pasos de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10.

24. El sistema de comunicación de la realización anterior incluye además la estación base.

25. El sistema de comunicación de las 2 realizaciones anteriores, que incluye además el UE, donde el UE está configurado para comunicarse con la estación base.

26. El sistema de comunicación de las 3 realizaciones anteriores, donde:

- la circuitería de procesamiento del equipo central está configurada para ejecutar una aplicación central;
- el UE está configurado para ejecutar una aplicación de cliente asociada a la aplicación central, y proporcionar así los datos del usuario que serán recibidos por el equipo central.

27. Un método implementado en un sistema de comunicación que incluye un equipo central, una estación base y un equipo de usuario (UE); el método comprende:

- en el equipo central, recibir, desde la estación base, los datos del usuario procedentes de una transmisión que la estación base ha recibido del UE,

donde el UE lleva a cabo cualquiera de los pasos de cualquiera de las reivindicaciones 11 a 18.

28. El método de la realización anterior que además comprende, en la estación base, recibir los datos del usuario desde el UE.

29. El método de las 2 realizaciones anteriores que además comprende, en la estación base, iniciar una transmisión de los datos del usuario recibidos al equipo central.