

SISTEMAS Y PROCEDIMIENTOS DE MEJORA DE REDES EN MALLA
INALÁMBRICAS

REFERENCIA CRUZADA A SOLICITUDES RELACIONADAS

5 Esta solicitud reivindica prioridad sobre (i) solicitud provisional de Estados Unidos N.º 62/696.688, presentada el 11 de julio de 2018, y titulada "METHODS FOR BUILDING WIRELESS MESH NETWORK", (ii) solicitud provisional de Estados Unidos N.º 62/753.885, presentada el 31 de octubre de 2018, y titulada "METHODS OF BUILDING 60 GHZ MESH BASED NETWORK
10 INFRASTRUCTURE FOR BLOCKCHAIN TECHNOLOGY BASED PLATFORMS", (iii) solicitud provisional de Estados Unidos N.º 62/771.508, presentada el 26 de noviembre de 2018, y titulada "A METHOD FOR IMPROVING WIRELESS MESH NETWORK USING DIRECT OPTICAL-TO-RF AND DIRECT-RF-TO-OPTICAL CONVERSION MODULE", (iv) solicitud
15 provisional de Estados Unidos N.º 62/833.485, presentada el 12 de abril de 2019, y titulada "A METHOD FOR BUILDING WIRELESS MESH NETWORK NODES", y (v) solicitud provisional de Estados Unidos N.º 62/856.697, presentada el 3 de junio de 2019, y titulada "A METHOD FOR BUILDING WIRELESS MESH NETWORK NODES", cada una de las cuales se incorpora
20 en el presente documento por referencia en su totalidad.

ANTECEDENTES

 Sistemas de interconexión y comunicación por cable e inalámbricos están desplegados ampliamente para proporcionar diversos tipos de comunicación y características funcionales, incluyendo, pero sin limitación a,
25 aquellas para internet doméstico de alta velocidad, seguridad y automatización

y/u otras. Estos sistemas pueden ser capaces de soportar comunicación con un usuario a través de una conexión de comunicación o una acción de gestión de sistema.

Los sistemas de interconexión en malla inalámbrica actuales exhiben
5 muchas deficiencias, incluyendo no tener en cuenta una protección adicional
para trayectorias inalámbricas de haz estrecho de punto a punto. Tales
trayectorias son altamente direccionables y funcionan únicamente con
condiciones de línea de visión perfecta o próximas a línea de visión. Una vez
que se construye la red de malla inalámbrica, ciertos eventos tales como
10 crecimiento de vegetación o pérdida de un nodo intermedio pueden tener un
impacto en las trayectorias de línea de visión entre los enlaces. Esto puede
resultar en un solo o múltiples fallos de enlaces en la red.

Por lo tanto, existen múltiples necesidades en la técnica de sistemas y
procedimientos mejorados relacionados con el diseño y operación de red de
15 malla de comunicación inalámbrica.

VISIÓN GENERAL

La presente divulgación, por ejemplo, se refiere a redes y
comunicaciones inalámbricas que incluyen, pero sin limitación a, servicios de
internet de banda ancha para el usuario final, sistemas de seguridad y/o
20 automatización y, más particularmente, una interconexión en malla de haz
estrecho y operaciones y técnicas relacionadas.

De acuerdo con la presente divulgación, en el presente documento se
desvelan sistemas y procedimientos que se refieren a redes de malla de haz
estrecho, sistemas asociados y operaciones relacionadas con comunicación de
25 red, incluyendo, en algunas realizaciones, ajustes y modificaciones. Los

presentes sistemas y procedimientos pueden facilitar el diseño, operación y/o ajuste/modificación de comunicaciones de interconexión inalámbricas. En algunas realizaciones, los presentes sistemas y procedimientos se refieren a y tienen en cuenta nodos de comunicación inalámbricos con capacidad de
5 establecer enlace de comunicación de haz estrecho de punto a punto o punto a multipunto, enlace de comunicación de haz estrecho orientable de punto a punto/punto a multipunto, combinación de enlaces de comunicación de punto a punto y punto a multipunto, entre otras cosas.

En algunos casos, uno o múltiples enlaces en una red de comunicación
10 inalámbrica pueden fallar debido a ciertos eventos, incluyendo, pero sin limitación a, crecimiento en vegetación, pérdida de un nodo debido a diversas razones que pueden cambiar las condiciones de línea de visión (LOS) requeridas para la comunicación entre dos puntos en la red de malla inalámbrica. En la presente divulgación, algunos o todos los nodos en la red de
15 malla pueden alojar una célula (eNB) pequeña basada en tecnología 4G (LTE, LTE Avanzada, LTE Pro, WiMAX, WiFi, etc.) y un UE (equipo de usuario)/CPE (equipo en instalaciones del cliente) en una única carcasa para proporcionar una trayectoria de comunicación redundante entre dos puntos en una red de malla en el caso en el que falle una trayectoria de LOS directa o indirecta entre
20 dos nodos de malla.

Lo anterior ha descrito de manera bastante amplia las características y ventajas técnicas de ejemplos de acuerdo con esta divulgación de modo que la siguiente descripción detallada puede entenderse mejor. A continuación se describirán características y ventajas adicionales. Debería entenderse que los
25 ejemplos específicos desvelados en el presente documento pueden utilizarse

fácilmente como una base para la modificación y diseño de otras estructuras para efectuar las mismas operaciones desveladas en el presente documento. Características de los conceptos desvelados en el presente documento incluyendo su organización y procedimiento de operación junto con ventajas asociadas se entenderán mejor a partir de la siguiente descripción cuando se consideren en conexión con las figuras adjuntas. Debería entenderse que las figuras se proporcionan únicamente para el fin de ilustración y descripción.

Por consiguiente, en un aspecto, en el presente documento se desvela (1) un primer módulo de comunicación que incluye una primera unidad de banda base configurada para tratar el procesamiento de banda base para el primer módulo de comunicación, una primera unidad de RF configurada para definir un intervalo de frecuencias de señales de radio para el primer módulo de comunicación, y una primera unidad de antena configurada para generar un primer haz extremadamente estrecho que facilita el intercambio de señales de radio con al menos otro nodo de comunicación inalámbrico, y (2) un segundo módulo de comunicación que incluye una segunda unidad de banda base configurada para tratar el procesamiento de banda base para el segundo módulo de comunicación, una segunda unidad de RF configurada para definir un intervalo de frecuencias de señales de radio para el segundo módulo de comunicación, y una segunda unidad de antena configurada para generar un segundo haz extremadamente estrecho que facilita el intercambio de señales de radio con al menos otro nodo de comunicación inalámbrico.

En otro aspecto, en el presente documento se desvela un primer nodo de comunicación inalámbrico que comprende (1) un primer módulo de comunicación que incluye una primera unidad de banda base configurada para

tratar el procesamiento de banda base para el primer módulo de comunicación, una primera unidad de RF configurada para definir un intervalo de frecuencias de señales de radio para el primer módulo de comunicación, y una unidad de antena configurada para generar un haz extremadamente estrecho que facilita el intercambio de señales de radio con al menos otro nodo de comunicación inalámbrico, y (2) un segundo módulo de comunicación que incluye una segunda unidad de banda base configurada para tratar el procesamiento de banda base para el segundo módulo de comunicación, una segunda unidad de RF configurada para definir un intervalo de frecuencias de señales de radio para el segundo módulo de comunicación, y un sistema de antenas activo (AAS) que comprende una agrupación en fase de transmisores y receptores configurados para generar una pluralidad de haces en diferentes direcciones que facilitan el intercambio de señales de radio con al menos otro nodo de comunicación inalámbrico, en el que la pluralidad de haces no son extremadamente estrechos.

En aún otro aspecto, en el presente documento se desvela un sistema de comunicación que comprende un primer nodo de comunicación inalámbrico que comprende al menos primer y segundo módulos de comunicación, un segundo nodo de comunicación inalámbrico que comprende al menos un tercer módulo de comunicación, y un tercer nodo de comunicación inalámbrico que comprende al menos un cuarto módulo de comunicación. El primer módulo de comunicación del primer nodo de comunicación inalámbrico incluye una primera unidad de banda base configurada para tratar el procesamiento de banda base para el primer módulo de comunicación, una primera unidad de RF configurada para definir un intervalo de frecuencias de señales de radio para el

primer módulo de comunicación, y una primera unidad de antena configurada para generar un primer haz extremadamente estrecho que facilita el intercambio de señales de radio con al menos el segundo nodo de comunicación inalámbrico. El segundo módulo de comunicación del primer

5 nodo de comunicación inalámbrico incluye una segunda unidad de banda base configurada para tratar el procesamiento de banda base para el segundo módulo de comunicación, una segunda unidad de RF configurada para definir un intervalo de frecuencias de señales de radio para el segundo módulo de comunicación, y una dada de (a) una segunda unidad de antena configurada

10 para generar un segundo haz extremadamente estrecho que facilita el intercambio de señales de radio con al menos el tercer nodo de comunicación inalámbrico o (b) un primer sistema de antenas activo (AAS) que comprende una agrupación en fase de transmisores y receptores configurados para generar una pluralidad de haces en diferentes direcciones que facilitan el

15 intercambio de señales de radio con al menos el tercer nodo de comunicación inalámbrico. El tercer módulo de comunicación del segundo nodo de comunicación inalámbrico incluye una tercera unidad de banda base configurada para tratar el procesamiento de banda base para el tercer módulo de comunicación, una tercera unidad de RF configurada para definir un

20 intervalo de frecuencias de señales de radio para el tercer módulo de comunicación, y una tercera unidad de antena configurada para generar un tercer haz extremadamente estrecho que facilita el intercambio de señales de radio con al menos el primer nodo de comunicación inalámbrico. El cuarto módulo de comunicación del tercer nodo de comunicación inalámbrico incluye

25 una cuarta unidad de banda base configurada para tratar el procesamiento de

banda base para el cuarto módulo de comunicación, una cuarta unidad de RF configurada para definir un intervalo de frecuencias de señales de radio para el cuarto módulo de comunicación, y una dada de (a) una cuarta unidad de antena configurada para generar un cuarto haz extremadamente estrecho que
5 facilita el intercambio de señales de radio con al menos el primer nodo de comunicación inalámbrico o (b) un segundo AAS que comprende una agrupación en fase de transmisores y receptores configurados para generar una pluralidad de haces en diferentes direcciones que facilitan el intercambio de señales de radio con al menos el primer nodo de comunicación inalámbrico.

10 Un experto en la materia apreciará estos así como numerosos otros aspectos en la lectura de la siguiente divulgación.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Puede realizarse un entendimiento adicional de la naturaleza y ventajas la presente divulgación mediante referencia a los siguientes dibujos.

15 **La Figura 1** representa un diagrama de ejemplo relacionado con un sistema de interconexión y comunicación inalámbrico, de acuerdo con diversos aspectos de esta divulgación;

La Figura 2 representa un nodo de comunicación inalámbrico de ejemplo que comprende un módulo, de acuerdo con diversos aspectos de esta
20 divulgación;

La Figura 3 representa un patrón de antena de ejemplo de un módulo, de acuerdo con diversos aspectos de esta divulgación;

La Figura 4 representa un enlace de comunicación de ejemplo entre dos nodos de comunicación inalámbricos, de acuerdo con diversos aspectos de
25 esta divulgación;

La Figura 5 representa nodos de comunicación inalámbricos de ejemplo, de acuerdo con diversos aspectos de esta divulgación;

La Figura 6 representa nodos de comunicación inalámbricos de ejemplo que están acoplados comunicativamente, de acuerdo con diversos aspectos de esta divulgación;

La Figura 7 representa otro nodo de comunicación inalámbrico de ejemplo que comprende un módulo, de acuerdo con diversos aspectos de esta divulgación;

La Figura 8 representa otro nodo de comunicación inalámbrico de ejemplo más que comprende un módulo, de acuerdo con diversos aspectos de esta divulgación;

La Figura 9 representa un nodo de comunicación inalámbrico de ejemplo que comprende dos módulos, de acuerdo con diversos aspectos de esta divulgación;

La Figura 10 representa otro nodo de comunicación inalámbrico de ejemplo que comprende dos módulos, de acuerdo con diversos aspectos de esta divulgación;

La Figura 11A representa un nodo de comunicación inalámbrico de ejemplo en un momento dado que puede cambiar dinámicamente el tipo de enlaces entre nodos de comunicación inalámbricos, de acuerdo con diversos aspectos de esta divulgación;

La Figura 11B representa un nodo de comunicación inalámbrico de ejemplo en otro momento dado que puede cambiar dinámicamente el tipo de enlaces entre nodos de comunicación inalámbricos, de acuerdo con diversos aspectos de esta divulgación;

La Figura 12 representa una ubicación de ejemplo de una red de comunicación que puede ser una casa de semilla o de anclaje, de acuerdo con diversos aspectos de esta divulgación;

La Figura 13 representa otra ubicación de ejemplo de una red de comunicación que puede ser una casa de semilla o de anclaje, de acuerdo con
5 diversos aspectos de esta divulgación;

La Figura 14 representa otro nodo de comunicación inalámbrico de ejemplo que comprende un módulo, de acuerdo con diversos aspectos de esta divulgación;

La Figura 15 representa un ejemplo de múltiples módulos conectados a una torre, de acuerdo con diversos aspectos de esta divulgación;

La Figura 16 representa otro diagrama de ejemplo relacionado con un sistema de interconexión y comunicación inalámbrico, de acuerdo con diversos aspectos de esta divulgación;

La Figura 17 representa otro diagrama de ejemplo más relacionado con un sistema de interconexión y comunicación inalámbrico, de acuerdo con diversos aspectos de esta divulgación;

La Figura 18 representa aún otro diagrama de ejemplo relacionado con un sistema de interconexión y comunicación inalámbrico, de acuerdo con
20 diversos aspectos de esta divulgación;

La Figura 19 representa un módulo de comunicación de ejemplo a base de conversión de RF a óptica directa y óptica a RF directa, de acuerdo con diversos aspectos de esta divulgación;

La Figura 20 representa un encaminador/conmutador de ejemplo, de
25 acuerdo con diversos aspectos de esta divulgación;

La Figura 21 representa un diagrama de bloques de ejemplo de un módulo de comunicación, de acuerdo con diversos aspectos de esta divulgación;

La Figura 22 representa un diagrama de bloques de ejemplo de un módulo de radio de ptmp de un nodo de comunicación, de acuerdo con diversos aspectos de esta divulgación;

La Figura 23 representa un ejemplo diagrama de bloques de un módulo de radio de ptp de un nodo de comunicación, de acuerdo con diversos aspectos de esta divulgación;

La Figura 24 representa una red de malla de ejemplo que comprende una pluralidad de nodos de comunicación, de acuerdo con diversos aspectos de esta divulgación;

La Figura 25 representa una versión modificada de ejemplo de una caja de radio de onda milimétrica flexible, de acuerdo con diversos aspectos de esta divulgación.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

Los sistemas de interconexión en malla inalámbrica actuales exhiben muchas deficiencias, incluyendo no tener en cuenta una protección adicional para una trayectoria inalámbrica de alta fiabilidad para transportar datos de red de retorno que transportan señalización de control datos junto con datos de usuario para usuarios en el segmento de red. Los sistemas de interconexión en malla inalámbrica actuales usan la misma o similares técnicas de transmisión de haz para una trayectoria de acceso que transporta datos para un único usuario y trayectoria de red de retorno que puede afectar al rendimiento de red ya que las trayectorias red de retorno tienden a ser más sensibles a

interferencias y otros inhibidores de señales y pueden degradar el rendimiento de todo el segmento de red. Por lo tanto, existen múltiples necesidades en la técnica para sistemas y procedimientos mejorados relacionados con el diseño y operación de red de comunicación inalámbrica.

5 Haciendo referencia a la Figura 1, se ilustra una red de comunicación de datos con capacidad de proporcionar velocidades de internet de múltiples gigabits a través de enlaces inalámbricos de punto a punto y punto a multipunto. La red de comunicación 100 en la Figura 1 incluye los puntos de acceso de torre/fibra 101 y 102. Los puntos de acceso de torre/fibra 101 y 102
10 pueden coubicarse o pueden ubicarse en diferentes ubicaciones físicas. Los puntos de acceso de torre/fibra 101 y 102 tienen acceso a una fibra oscura de ancho de banda alto con capacidad de proporcionar hasta varios cientos de gigabits/segundo de caudal de datos. Los puntos de acceso de torre/fibra 101 y 102 proporcionan conectividad de red de retorno entre una red principal/centro
15 de datos (no mostrado en la Figura 1 por simplicidad) y una casa de semilla de la red de comunicación descrita a continuación. Los puntos de acceso de torre/fibra 101 y 102 también alojan nodos de comunicación inalámbricos de punto a punto 121 y 124.

Como se muestra, los nodos de comunicación inalámbricos 121 y 124
20 son capaces de recepción y transmisión de señales de ancho de banda alto (de múltiples gigahercios) que operan en frecuencia muy alta (6 GHz ~100 GHz tal como 28 GHz, banda V, banda E, etc.). Los nodos de comunicación inalámbricos 121 y 124 comprenden cada uno una unidad de banda base/digital equipada con componentes que incluyen, pero sin limitación a, un
25 procesador, memoria, etc. Los nodos de comunicación inalámbricos 121 y 124

también comprenden cada uno una unidad de RF y una unidad de antena. El subsistema de antenas de los nodos de comunicación inalámbricos 121 y 124 es capaz de recepción y transmisión de señales direccionales en las que una porción significativa de la energía de señal se concentra dentro de unos pocos
5 grados alrededor del eje de puntería de la antena (por ejemplo, dentro de un intervalo de 0,5 grados a 5 grados), tanto en la dirección vertical como horizontal, en contraste a antenas omnidireccionales en las que la energía de señal está cerca de distribuirse uniforme a través de 360° grados.

Como se muestra adicionalmente en la Figura 1, la red de comunicación
10 100 incluye las casas de semilla 111 y 115. Ejemplos de casas de semilla incluyen casas unifamiliares independientes, unidades multivivienda (MDU), empresas pequeñas/medianas (SMB), etc., en las que pueden desplegarse nodos de equipo de comunicación en las azoteas. Las casas de semilla 111 y 115 alojan nodos de comunicación inalámbricos de punto a punto 122 y 123.
15 Los nodos de comunicación inalámbricos 122 y 123 son capaces de recepción y transmisión de señales de ancho de banda alto (de múltiples gigahercios) que operan en frecuencia muy alta (6 GHz ~100 GHz tal como 28 GHz, banda V, banda E, etc.).

Los nodos de comunicación inalámbricos 122 y 123 comprenden una
20 unidad de banda base/digital equipada con componentes que incluyen, pero sin limitación a, un procesador, memoria, etc. Los nodos de comunicación inalámbricos 122 y 123 también comprenden una unidad de RF y una unidad de antena. El subsistema de antenas de los nodos de comunicación inalámbricos 122 y 123 es capaz de recepción y transmisión de señales
25 direccionales en las que una porción significativa de la energía de señal se

concentra dentro de unos pocos grados alrededor del eje de puntería de la antena (por ejemplo, dentro de un intervalo de 0,5 grados a 5 grados), tanto en la dirección vertical como horizontal, en contraste a antenas omnidireccionales en las que la energía de señal está cerca de distribuirse uniforme a través de
5 360° grados.

El nodo de comunicación inalámbrico 121 que reside en la ubicación de punto de acceso de torre/fibra 101 y el nodo de comunicación inalámbrico 122 que reside en la casa de semilla 111 trabajan juntos para formar un enlace 141 de datos de punto a punto de comunicación de ancho de banda alto
10 bidireccional que proporciona conectividad entre el punto de acceso de torre/fibra 101 y el segmento de la casa de semilla 111 de la red de comunicación 100. De manera similar, el nodo de comunicación inalámbrico 124 que reside en la ubicación de punto de acceso de torre/fibra 102 y el nodo de comunicación inalámbrico 123 que reside en la casa de semilla 115 trabajan
15 juntos para formar un enlace 142 de datos de punto a punto de comunicación de ancho de banda alto bidireccional que proporciona conectividad entre el punto de acceso de torre/fibra 102 y el segmento de la casa de semilla 115 de la red de comunicación 100.

La casa de semilla 111, además del nodo de comunicación inalámbrico
20 122, aloja un segundo nodo de comunicación inalámbrico 131. El segundo nodo de comunicación inalámbrico 131 comprende múltiples módulos de transmisión/recepción independientes. Cada módulo del nodo de comunicación inalámbrico 131 es capaz de recepción y transmisión de señales de ancho de banda alto (de múltiples gigahercios) que operan en frecuencia muy alta
25 (6 GHz ~100 GHz tal como 28 GHz, banda V, banda E, etc.). Cada módulo del

nodo de comunicación inalámbrico 131 comprende una unidad de banda base/digital independiente equipada con componentes que incluyen, pero sin limitación a, un procesador, memoria, etc. Cada módulo en nodo de comunicación inalámbrico 131 también comprende una unidad de RF independiente y una unidad de antena independiente. El subsistema de antenas del módulo de cada nodo de comunicación inalámbrico 131 es capaz de recepción y transmisión de señales direccionales en las que una porción significativa de la energía de señal se concentra dentro de unos pocos grados alrededor del eje de puntería de la antena (por ejemplo, dentro de un intervalo de 0,5 grados a 5 grados), tanto en la dirección vertical como horizontal, en contraste a antenas omnidireccionales en las que la energía de señal está cerca de distribuirse uniforme a través de 360° grados.

La red de comunicación 100 también incluye múltiples casas de anclaje 112, 113 y 114. Cada una de estas casas de anclaje alojan un nodo de comunicación inalámbrico similar al nodo de comunicación inalámbrico 131 descrito anteriormente. Sin embargo, a diferencia de las casas de semilla, un nodo de comunicación inalámbrico en una casa de anclaje únicamente proporciona conectividad inalámbrica a una o más casas de anclaje y/o casas de semilla, pero no proporciona conectividad al punto de acceso de torre/fibra. Por ejemplo, la casa de anclaje 112 aloja el nodo de comunicación inalámbrico 132. Un primer módulo del nodo de comunicación inalámbrico 132 que reside en la casa de anclaje 112 y otro módulo del nodo de comunicación inalámbrico 131 que reside en la casa de semilla 111 trabajan juntos para formar un enlace 151 de datos de punto a punto de comunicación de ancho de banda alto bidireccional que proporciona conectividad entre la casa de semilla 111 y

segmento de casa de anclaje 112 de la red de comunicación 100. De manera similar, como otro ejemplo, un segundo módulo del nodo de comunicación inalámbrico 132 que reside en la casa de anclaje 112 y un módulo del nodo de comunicación inalámbrico 133 que reside en la casa de anclaje 113 trabajan
5 juntos para formar un enlace 153 de datos de punto a punto de comunicación de ancho de banda alto bidireccional que proporciona conectividad entre la casa de anclaje 112 y la casa de anclaje 113. Como otro ejemplo más, un tercer módulo del nodo de comunicación inalámbrico 132 que reside en la casa de anclaje 112 y un módulo del nodo de comunicación inalámbrico 135 que
10 reside en la casa de semilla 115 trabajan juntos para formar un enlace 154 de datos de punto a punto de comunicación de ancho de banda alto bidireccional que proporciona conectividad entre la casa de anclaje 112 y la casa de semilla 115. Como un ejemplo adicional, otro módulo del nodo de comunicación inalámbrico 131 que reside en la casa de semilla 111 y un módulo del nodo de
15 comunicación inalámbrico 134 que reside en la casa de anclaje 114 trabajan juntos para formar un enlace 152 de datos de punto a punto de comunicación de ancho de banda alto bidireccional que proporciona conectividad entre la casa de anclaje 114 y la casa de semilla 111. Como otro ejemplo, otro módulo del nodo de comunicación inalámbrico 134 que reside en la casa de anclaje
20 114 y un módulo del nodo de comunicación inalámbrico 135 que reside en la casa de semilla 115 trabajan juntos para formar un enlace 156 de datos de punto a punto de comunicación de ancho de banda alto bidireccional que proporciona conectividad entre la casa de anclaje 114 y la casa de semilla 115. También son posibles otros ejemplos.

Los enlaces de comunicación bidireccionales 141, 142, 151, 152, 153, 154 y 155 mostrados en la Figura 1 pueden usar diversos esquemas de acceso múltiple diferentes para transmisión y recepción que incluyen, pero sin limitación a, acceso múltiple por división en frecuencia (FDMA), acceso múltiple por división en el tiempo (TDMA), FDMA de portadora única (SC-FDMA), TDMA de portadora única (SC-TDMA), acceso múltiple por división de código (CDMA), acceso múltiple por división ortogonal de frecuencia (OFDMA) y/o acceso múltiple no ortogonal (NOMA) como se describe en diversas generaciones de tecnologías de comunicación que incluyen 1G, 2G, 3G, 4G, 5G y 6G, etc. Los enlaces de comunicación bidireccionales 141, 142, 151, 152, 153, 154 y 155 formados por un conjunto de nodos de comunicación que comprenden dos o más de 121, 122, 123, 124, 131, 132, 133, 134 y/o 135 son capaces de transferencia de información de datos a través de una diversidad de esquemas de transmisión digitales, incluyendo, pero sin limitación a, modulación de amplitud (AM), modulación de fase (PM), modulación de amplitud de impulsos/modulación por amplitud en cuadratura (PAM/QAM) y/o modulación de impulsos de banda ultra ancha (UWB) (impulsos de picosegundos), etc.

En la Figura 1, se muestran dos puntos de acceso de torre/fibra 101 y 102, dos casas de semilla 111 y 115 y tres casas de anclaje 112, 113 y 114 y siete enlaces de datos de punto a punto bidireccionales 141, 142, 151, 152, 153, 154 y 155 para ilustrar un ejemplo de una red de comunicación. Sin embargo, en general, debería entenderse que la red de comunicación 100 puede incluir un número diferente de nodos de torre/fibra, casas de semilla, casas de anclaje y/o enlaces de comunicación, que pueden depender del

diseño específico de una instanciación particular de la red de comunicación desplegada en el campo. De manera similar, aunque, la Figura 1 muestra cuatro nodos de comunicación 121, 122, 123 y 124 que proporcionan conectividad entre un punto de acceso de torre/fibra (por ejemplo, los puntos de acceso de torre/fibra 101, 102) y una casa de semilla, cinco nodos de comunicación 131, 132, 133, 134 y 135 que proporcionan conectividad entre dos casas de anclaje o entre una casa de anclaje y de semilla, el número de estos nodos de comunicación puede variar de una red de comunicación a otra red de comunicación, que puede depender del tamaño específico y diseño de una instanciación particular de la red de comunicación. También debería entenderse que la red de comunicación 100 también puede contener otros nodos (por ejemplo, conmutadores/encaminadores de red, etc.) que se omiten en este punto por simplicidad.

Haciendo referencia a la Figura 2, se muestra una posible realización del nodo de comunicación inalámbrico 131 de la Figura 1 como el nodo de comunicación inalámbrico 200. El nodo de comunicación inalámbrico 200 en la Figura 2 comprende un módulo etiquetado como "módulo A". Como se muestra, el módulo A comprende la unidad de banda base o unidad digital 201 que ejecuta el protocolo de nivel de capa física que incluye modulación/demodulación digital (módem) y otros protocolos de capa superior tales como capa MAC, etc. La unidad de banda base 201 interactúa con otros nodos de la red de comunicación que son externos al nodo de comunicación inalámbrico 200 a través de un medio por cable.

El módulo A también incluye la unidad de RF 202 que, entre otras cosas, realiza procesamiento de señales de frecuencia intermedia (IF) y define el

intervalo de frecuencias de las señales de radio que pueden transmitirse o recibirse a través del módulo A. La unidad de RF 202 es capaz de operar a través de un intervalo amplio de frecuencias (por ejemplo, frecuencias de banda V que varían de 57 GHz a 71 GHz).

5 Además, como se muestra, el módulo A también comprende la unidad de antena 203 que realiza la transmisión y recepción de señales de radio aéreas. La unidad de antena 203 es capaz de transmitir y recibir un haz extremadamente estrecho de señales. La unidad de antena 203 puede construirse con metamateriales que tienen excelentes propiedades de control
10 de la direccionalidad de señales de radio que no pueden exhibirse por antenas ordinarias. El módulo A con la ayuda de la unidad de antena 203 es capaz de establecer enlaces de punto a punto con un módulo diferente que reside en un nodo de comunicación inalámbrico diferente.

Haciendo referencia a la Figura 3, se muestra un ejemplo de un patrón
15 de antena del módulo A creado por la unidad de antena 203. Puede observarse a partir del patrón de antena en la Figura 3 que el ancho de haz de unidad de antena 203 de módulo A es extremadamente estrecho (menos de un grado) y los niveles de potencia de lóbulo secundario empiezan a descender a un ritmo rápido. Por ejemplo, como se muestra, aproximadamente 5-6 grados del lóbulo
20 principal, los niveles de potencia pueden disminuir más de 30 dB.

Debería entenderse que el patrón de antena de la unidad de antena 203 en la Figura 3 se muestra solo como un ejemplo que muestra la capacidad de generación de patrón de antena de haz extremadamente estrecho del módulo A. En otras instancias, debido a un cambio en elementos de antena, tamaño,
25 frecuencia, etc., pueden generarse diferentes patrones. Además, mientras el

módulo A puede construirse usando metamateriales descritos anteriormente, debería entenderse que el módulo A puede construirse usando una antena parabólica u otros tipos de antenas. Sin embargo, debería entenderse que la principal característica de generación de patrón de haz de antena
5 extremadamente estrecho es común a todas las instancias del módulo A.

Haciendo referencia a la Figura 4, se muestra un enlace de comunicación inalámbrico de punto a punto 400 establecido entre dos nodos de comunicación inalámbricos 401 y 402. Los nodos de comunicación inalámbricos 401 y 402 alojan cada uno un único módulo de comunicación (es
10 decir, "módulo A") que puede tomar la forma similar al módulo A representado en la Figura 2 y descrito anteriormente. Como se muestra en la Figura 4, debido a las características de unidad de antena del módulo A en el nodo de comunicación inalámbrico 401 y 402, el enlace de punto a punto bidireccional 400 puede tener un haz extremadamente estrecho. Esta capacidad de
15 transmisión y recepción de señales de radio a través de un haz extremadamente estrecho a través del enlace de punto a punto 400 proporciona inmunidad a interferencias en escenarios en los que existen un gran número de enlaces de comunicación inalámbricos establecidos por múltiples nodos de comunicación inalámbricos concentrados en un área
20 pequeña y que operan en la misma frecuencia.

En algunas implementaciones, el módulo A puede proporcionar adicionalmente características de capacidad de orientación de haz además de la capacidad de transmitir y recibir datos a través de haces extremadamente estrechos como se ha explicado anteriormente e ilustrado en el contexto de las
25 Figuras 2-4.

Por ejemplo, haciendo referencia a la Figura 5, se muestra un nodo de comunicación inalámbrico 501 que comprende el módulo A, un segundo nodo de comunicación inalámbrico 502 que comprende el módulo A y un tercer nodo de comunicación inalámbrico 503 que comprende el módulo A. Durante el momento T1, el módulo A del nodo de comunicación inalámbrico 501 y el módulo A del nodo de comunicación inalámbrico 502 trabajan juntos para establecer un enlace 500 bidireccional basado en haz extremadamente estrecho para el intercambio de información datos entre los nodos de comunicación inalámbricos 501 y 502. Debido a algún desencadenante, el módulo A del nodo de comunicación inalámbrico 501 puede invocar la capacidad de orientación de haz del módulo y cambiar la dirección del haz de transmisión y recepción de antena hacia el nodo de comunicación inalámbrico 503 y trabajar junto con módulo A del nodo de comunicación inalámbrico 503 para establecer dinámicamente un enlace 500 bidireccional basado en haz extremadamente estrecho entre el nodo de comunicación inalámbrico 501 y el nodo de comunicación inalámbrico 503 durante el momento T2. El desencadenante para esta orientación de haz puede deberse a cambios en la condición de enlace entre el nodo de comunicación inalámbrico 501 y nodo de comunicación inalámbrico 502 que puede implicar diversos factores, incluyendo, pero sin limitación a, un cambio desde una trayectoria LOS a una trayectoria sin LOS debido a un cambio en entorno, interferencia aumentada, un cambio en posición del nodo de comunicación inalámbrico 502 con respecto al nodo de comunicación inalámbrico 501 y/o instrucciones desde capas superiores, etc.

En una realización, el nodo de comunicación inalámbrico 503 puede ser diferente que el nodo de comunicación inalámbrico 502. En otra realización, el nodo de comunicación inalámbrico 503 puede ser el mismo que el nodo de comunicación inalámbrico 502, pero en una ubicación física diferente.

5 En algunas realizaciones, los nodos de comunicación inalámbricos definidos anteriormente y analizados en el contexto de las Figuras 2-5 pueden alojar más de un módulo. Esto permite que un nodo de comunicación inalámbrico se comuniquen simultáneamente con múltiples nodos de comunicación inalámbricos estableciendo múltiples enlaces bidireccionales de
10 haz extremadamente estrecho con la ayuda de múltiples módulos (por ejemplo, múltiples módulos A) que pertenecen a diferentes nodos de comunicación inalámbricos que trabajan juntos.

 Como un ejemplo para ilustrar, haciendo referencia a la Figura 6, los nodos de comunicación inalámbricos 601 y 602 alojan cada uno dos módulos A
15 etiquetados "1" y "2", mientras que los nodos de comunicación inalámbricos 603 y 604 alojan cada uno un único módulo A. Como se muestra, un 1^{er} módulo A del nodo de comunicación inalámbrico 601 y un 1^{er} módulo A del nodo de comunicación inalámbrico 602 trabajan juntos para establecer un enlace 600
 basado en haz bidireccional extremadamente estrecho para proporcionar una
20 conexión inalámbrica entre el nodo de comunicación inalámbrico 601 y 602. De manera similar, un 2^o módulo A del nodo de comunicación inalámbrico 601 y 602 y un 1^{er} (y único) módulo A del nodo de comunicación inalámbrico 603 y 604 respectivamente trabajan juntos para establecer enlaces 610 y 620
 basados en haz bidireccional extremadamente estrecho para proporcionar una

conexión inalámbrica entre los nodos de comunicación inalámbricos 601-603 y 602-604 respectivamente.

En una realización, el 1^{er} y 2^o módulo A de los nodos de comunicación inalámbricos 601 y 602 pueden estar dentro de la misma carcasa física y en
5 otras realizaciones, el 1^{er} módulo A de los nodos de comunicación inalámbricos 601 y 603 puede estar dentro de una carcasa física y el 2^o módulo A de los nodos de comunicación inalámbricos 601 y 603 pueden estar dentro de una carcasa física diferente. En realizaciones en las que diferentes módulos A que pertenecen al mismo nodo de comunicación inalámbrico se contienen en
10 carcasas físicas separadas, estos módulos A pueden conectarse a través de un enlace por cable ya que están coubicados en la misma casa de semilla o casa de anclaje.

En la Figura 6, se muestran un máximo de dos módulos A para contenerse en un nodo de comunicación inalámbrico que habilita que el nodo
15 de comunicación inalámbrico establezca dos enlaces bidireccionales independientes con diferentes nodos de comunicación inalámbricos simultáneamente. Sin embargo, debería entenderse que un nodo de comunicación inalámbrico puede alojar más de dos módulos A y el número máximo de módulos A que un nodo de comunicación inalámbrico puede alojar
20 puede depender de la potencia total máxima disponible para el nodo de comunicación inalámbrico.

Además, debería entenderse que en una realización, todos los módulos A que pertenecen al mismo nodo de comunicación inalámbrico pueden operar en las mismas frecuencias de portadora de una banda de frecuencia, y en otras
25 realizaciones, diferentes módulos A que pertenecen al mismo nodo de

comunicación inalámbrico pueden operar en diferentes frecuencias de portadora de una banda de frecuencia.

Haciendo referencia a la Figura 7, se muestra otra realización del nodo de comunicación inalámbrico 131 de la Figura 1 como el nodo de comunicación inalámbrico 700. El nodo de comunicación inalámbrico 700 en la Figura 7 comprende un único módulo etiquetado como "módulo B". El módulo B comprende la unidad de banda base o unidad digital 701 que ejecuta el protocolo de nivel de capa física que incluye modulación/demodulación digital (módem) y otros protocolos de capa superior tales como capa MAC, etc. La unidad de banda base 701 interactúa con otros nodos de la red de comunicación que son externos al nodo de comunicación inalámbrico 700 a través de un medio por cable.

El módulo B también incluye la unidad de RF 702, que entre otras cosas procesa señales de frecuencia intermedia (IF) y define el intervalo de frecuencias de las señales de radio que pueden transmitirse o recibirse con el módulo B. La unidad de RF 702 es capaz de operar a través de un intervalo amplio de frecuencias (por ejemplo, frecuencias de banda V que varían de 57 GHz a 71 GHz).

Además, el módulo B comprende una unidad de antena 703, que realiza la transmisión y recepción de señales de radio aéreas. La unidad de antena 703 puede ser un sistema de antenas activo (AAS) que comprende una agrupación en fase de transmisores y receptores que son capaces de formación de haces y creación de múltiples haces simultáneamente en diferentes direcciones. Mediante la creación simultánea de múltiples haces en diferentes direcciones, el AAS de la unidad de antena 703 habilita que el nodo

de comunicación inalámbrico 700 establezca enlaces de comunicación inalámbricos de punto a multipunto con múltiples nodos de comunicación inalámbricos. Por lo tanto, el módulo B con la ayuda de unidad de antena 703 es capaz de establecer enlaces de punto a multipunto con un módulo diferente
5 que reside en un nodo de comunicación inalámbrico diferente.

Como se muestra adicionalmente en la Figura 7, el módulo B que reside en el nodo de comunicación inalámbrico 700 se muestra para crear 1 a N múltiples haces con la ayuda del AAS de la unidad de antena 703. El valor N depende del número de antenas de transmisión y recepción en el AAS de la
10 unidad de antena 703. Específicamente, puede observarse que la unidad de comunicación inalámbrica 700 se conecta a la unidad de comunicación inalámbrica 710, unidad de comunicación inalámbrica 720 y unidad de comunicación inalámbrica 7N0 a través del haz bidireccional 1, haz 2 y haz N respectivamente. También puede observarse a partir del patrón de antena en la
15 Figura 7 que el ancho de haz de haces de punto a multipunto de la unidad de antena 703 del módulo B no son extremadamente estrechos (por ejemplo, ancho de haz de 3 dB de 7~10 grados) y niveles de potencia de lóbulos secundarios no empiezan a descender a un ritmo rápido que contrasta con el patrón de antena de la unidad de antena que pertenece al módulo A descrito
20 anteriormente y analizado en el contexto de las Figuras 2-6.

Además, el módulo B del nodo de comunicación inalámbrico 700 también difiere del módulo A (analizado anteriormente en el contexto de las Figuras 2-6) con respecto a la limitación de que los múltiples enlaces bidireccionales operan en un único intervalo de frecuencias en un momento
25 dado. Por ejemplo, haces de señal 1 a N que conectan el nodo de

comunicación inalámbrico 700 a nodos de comunicación inalámbricos 710 a 7N0 respectivamente pueden operar únicamente dentro del mismo intervalo de frecuencias en un instante de tiempo dado. Se ha de observar que en un instante diferente, todos los haces 1 a N pueden conmutar para operar en un

5 intervalo de frecuencias diferente del intervalo de frecuencias usado en el instante de tiempo anterior, sin embargo, el intervalo de frecuencias de un haz individual permanece el mismo que el intervalo de frecuencias de todos los demás N-1 haces en un instante de tiempo dado. Por lo tanto, con respecto al módulo B, aunque debido a que agrupaciones de antenas en fase pueden crear

10 múltiples haces para crear enlaces de punto a multipunto para conectar un nodo de comunicación inalámbrico con múltiples nodos de comunicación inalámbricos como se muestra en la Figura 7, un perfil de interferencia en el lado de receptor con tal red de punto a multipunto es inferior a un perfil de interferencia de red de punto a multipunto en la que un nodo de comunicación

15 inalámbrico aloja múltiples módulos A y crea múltiples enlaces de punto a punto como se muestra en la Figura 6, en la que el nodo de comunicación inalámbrico 601 usa dos módulos A para conectarse al nodo de comunicación inalámbrico 602 y al nodo de comunicación inalámbrico 603 simultáneamente. Las principales razones de la alta interferencia con el módulo B puede deberse

20 a (1) haces basados en agrupación de antenas en fase individuales que no son tan estrechos como haces extremadamente estrechos generados por la antena basada en metamateriales del módulo A y/o (2) todos los haces de módulo B que pertenecen a una unidad de comunicación inalámbrica que no puede operar en intervalos de frecuencia diferentes, a diferencia de múltiples haces

estrechos de punto a punto de nodo de comunicación inalámbrico que alojan múltiples módulos A.

Haciendo referencia a la Figura 8, se muestra otra posible realización del nodo de comunicación inalámbrico 131 de la Figura 1 como el nodo de comunicación inalámbrico 800 y el nodo de comunicación inalámbrico 810. El
5 nodo de comunicación inalámbrico 800 en la Figura 8 comprende un módulo etiquetado como "módulo C". El módulo C comprende una unidad de banda base o unidad digital que ejecuta el protocolo de nivel de capa física que incluye modulación/demodulación digital (módem) y otros protocolos de capa
10 superior tales como capa MAC, etc. La unidad de banda base del módulo C interactúa con otros nodos de una red de comunicación que son externos al nodo de comunicación inalámbrico 800 a través de un medio por cable.

El módulo C también incluye una antena de banda ultra ancha embebida con la unidad de banda base. El módulo C es capaz de la generación,
15 transmisión y recepción de impulsos de duración extremadamente corta (duración de unos pocos picosegundos) y usa modulación de impulsos (y sus variaciones tales como modulación de amplitud de impulsos, etc.) para transmitir datos a tasas extremadamente altas (por ejemplo, mayores de 100 Gbps) transmitiendo señales a través de un intervalo muy amplio de
20 frecuencias. En una realización, los impulsos usados para comunicación por el módulo C pueden usar frecuencias que varían desde unos pocos cientos de megahercios a unos pocos cientos de gigahercios. Un experto en la materia apreciará que el intervalo de frecuencias usado por impulsos generados por el módulo C de la unidad de comunicación inalámbrica 800 puede tomar también
25 un intervalo diferente. Además, múltiples módulos C pueden situarse juntos

para crear una agrupación de 1, 2 o 3 dimensiones. Los elementos de esta agrupación (por ejemplo, el módulo C) son capaces de realizar una transmisión sincronizada temporalmente para la formación de haces. Esto permite que la energía de señal de RF de los impulsos de picosegundos/UWB se centren en una dirección (de receptor) deseada y también puede habilitar la creación de energía nula o de RF baja del impulso de picosegundos/UWB en otras direcciones para evitar la interferencia.

Una diferencia fundamental entre la característica de señales generadas por el módulo C y señales generadas por el módulo A y/o módulo B es que estas señales generadas por el módulo C son señales de banda ultra ancha (UWB) y su densidad espectral de potencia en todo el intervalo de frecuencias es muy baja. A este respecto, estas señales de UWB no crean interferencia con otras señales que operan en una banda estrecha de frecuencias ya que estas señales de UWB se tratan como ruido por los receptores de nodos de comunicación inalámbricos normales.

Como se muestra adicionalmente en la Figura 8, el módulo C del nodo de comunicación inalámbrico 800 y el módulo C de la unidad de comunicación inalámbrica 810 establecen un enlace 801 trabajando juntos. Como se ha explicado anteriormente, un enlace de comunicación 801 de este tipo opera en un intervalo ultra ancho de frecuencias. Sin embargo, incluso en la presencia de otros nodos de comunicación inalámbricos (no mostrados en la Figura 8) tales como nodos de comunicación inalámbricos con el módulo A o el módulo B que operan en una banda estrecha de frecuencias en comparación con el módulo C del nodo de comunicación inalámbrico 800, el rendimiento de la red no se ve afectado ya que la densidad espectral de potencia en el intervalo de

frecuencias de enlace de comunicación 801 que se solapa con intervalos de frecuencia en los que opera un nodo de comunicación inalámbrico cercano que usa señales de banda estrecha usando por ejemplo el módulo A y/o módulo B es muy bajo y se trata como ruido por los receptores del módulo A y/o el
5 módulo B.

En otra realización preferida, en línea con la descripción anterior, el nodo de comunicación inalámbrico 131 en la Figura 1 puede alojar dos tipos de módulos. Esto permite que un nodo de comunicación inalámbrico se comunique simultáneamente con múltiples nodos de comunicación
10 inalámbricos y con dos perfiles de interferencia diferentes.

Como un ejemplo para ilustrar, haciendo referencia a la Figura 9, el nodo de comunicación inalámbrico 910 aloja un módulo A y un módulo B. El módulo A del nodo de comunicación inalámbrico 910 y un módulo de comunicación de nodo de comunicación inalámbrico 920 trabajan juntos para establecer un
15 enlace 901 basado en haz bidireccional extremadamente estrecho para proporcionar una conexión inalámbrica entre los nodos de comunicación inalámbricos 910 y 920. Simultáneamente, el módulo B del nodo de comunicación inalámbrico 910 que se basa en AAS y genera múltiples haces crea simultáneamente un enlace de punto a multipunto que conecta el nodo de
20 comunicación inalámbrico 910 con los nodos de comunicación inalámbricos 930, 940, 950 y 960. Específicamente, el módulo B del nodo de comunicación inalámbrico 910 se coordina con (1) un módulo del nodo de comunicación inalámbrico 930 para establecer el haz bidireccional 902, (2) un módulo del nodo de comunicación inalámbrico 940 para establecer el haz bidireccional
25 903, (3) un módulo del nodo de comunicación inalámbrico 950 para establecer

el haz bidireccional 904 y (4) un módulo del nodo de comunicación inalámbrico 960 para establecer el haz bidireccional 905. En una realización, el haz extremadamente estrecho 901 y el grupo de haces que incluye 902, 903, 904 y 905 pueden todos operar dentro del mismo intervalo de frecuencias de portadora en un momento dado. En otra realización, el haz extremadamente estrecho 901 puede operar dentro de un intervalo de frecuencias diferente en comparación con el intervalo de frecuencias usado por el grupo de haces que incluye 902, 903, 904 y 905 en un momento dado.

En una realización, el módulo A y el módulo B del nodo de comunicación inalámbrico 910 pueden estar dentro de la misma carcasa física. En otras realizaciones, el módulo A y el módulo B del nodo de comunicación inalámbrico 910 pueden estar dentro de dos carcasas físicas separadas. En tales realizaciones en las que el módulo A y el módulo B pertenecen al mismo nodo de comunicación inalámbrico contenido en carcasas físicas separadas, el módulo A y el módulo B pueden conectarse a través de un enlace por cable ya que están coubicados en la misma casa de semilla o casa de anclaje.

En la Figura 9, se muestran un máximo de dos módulos (es decir, un único módulo A y un único módulo B) conteniéndose en un nodo de comunicación inalámbrico 910 que habilita que el nodo de comunicación inalámbrico establezca dos tipos diferentes e independientes de enlaces bidireccionales con diferentes nodos de comunicación inalámbricos simultáneamente. Sin embargo, debería entenderse que el nodo de comunicación inalámbrico 910 puede alojar más de dos módulos (por ejemplo, una combinación de uno o más módulos A y uno o más módulos B) y el número máximo de total módulos que un nodo de comunicación inalámbrico

puede alojar puede depender de la potencia total máxima disponible para el nodo de comunicación inalámbrico. Además, debería entenderse que en una realización, todos los módulos que pertenecen al mismo nodo de comunicación inalámbrico pueden operar en las mismas frecuencias de portadora de una banda de frecuencia, pero en otras realizaciones, diferentes módulos que pertenecen al mismo nodo de comunicación inalámbrico pueden operar en diferentes frecuencias de portadora de una banda de frecuencia.

Como se ha indicado anteriormente, los nodos de comunicación inalámbricos 131 en la Figura 1 pueden alojar más de un tipo de módulo. Esto permite que un nodo de comunicación inalámbrico se comunique simultáneamente con múltiples nodos de comunicación inalámbricos y con diferentes perfiles de interferencia.

Como otro ejemplo para ilustrar, haciendo referencia a la Figura 10, el nodo de comunicación inalámbrico 1010 aloja un módulo C y un módulo B. El módulo C del nodo de comunicación inalámbrico 1010 y el módulo C del nodo de comunicación inalámbrico 1020 trabajan juntos para establecer una frecuencia ultra ancha de tasa de datos extremadamente alta y un enlace basado en haz de densidad espectral de potencia baja para proporcionar una conexión inalámbrica entre los nodos de comunicación inalámbricos 1010 y 1020. El módulo B del nodo de comunicación inalámbrico 1010, que se basa en AAS y genera múltiples haces simultáneamente, crea un enlace de punto a multipunto que conecta el nodo de comunicación inalámbrico 1010 con los nodos de comunicación inalámbricos 1030, 1040, 1050 y 1060. Específicamente, el módulo B del nodo de comunicación inalámbrico 1010 se coordina con (1) un módulo del nodo de comunicación inalámbrico 1030 para

establecer el haz bidireccional 1002, (2) un módulo del nodo de comunicación inalámbrico 1040 para establecer el haz bidireccional 1003, (3) un módulo del nodo de comunicación inalámbrico 1050 para establecer el haz bidireccional 1004 y (4) un módulo del nodo de comunicación inalámbrico 1060 para establecer el haz bidireccional 1005.

En una realización, el módulo C y el módulo B del nodo de comunicación inalámbrico 1010 pueden estar dentro de la misma carcasa física. En otras realizaciones, el módulo C y el módulo B del nodo de comunicación inalámbrico 1010 pueden estar dentro de dos carcasas físicas separadas. En una realización de este tipo en la que el módulo C y el módulo B pertenecen al mismo nodo de comunicación inalámbrico contenido en carcasas físicas separadas, el módulo C y el módulo B pueden conectarse a través de un enlace por cable ya que están coubicados en la misma casa de semilla o casa de anclaje.

En la Figura 10, se muestran un máximo de dos módulos (es decir, un único módulo C y un único módulo B) conteniéndose en un nodo de comunicación inalámbrico 1010 que habilita que el nodo de comunicación inalámbrico establezca dos tipos diferentes e independientes de enlaces bidireccionales con diferentes nodos de comunicación inalámbricos simultáneamente. Sin embargo, debería entenderse que el nodo de comunicación inalámbrico 1010 puede alojar más de dos tipos de módulo (por ejemplo, una combinación de módulo A, el módulo B y/o módulo C) y el número máximo de total módulos que un nodo de comunicación inalámbrico puede alojar puede depender de la potencia total máxima disponible para el nodo de comunicación inalámbrico. También debería entenderse que en una

realización, todos los módulos que pertenecen al mismo nodo de comunicación inalámbrico pueden operar en las mismas frecuencias de portadora de una banda de frecuencia, mientras en otras realizaciones, diferentes módulos que pertenecen al mismo nodo de comunicación inalámbrico pueden operar en
5 diferentes frecuencias de portadora de una banda de frecuencia.

En otra realización preferida, los nodos de comunicación inalámbricos 131 en la Figura 1 pueden alojar más de un tipo de módulo y cambiar dinámicamente el tipo de enlace entre los nodos de comunicación inalámbricos. Esto permite que un nodo de comunicación inalámbrico se comuniquen
10 simultáneamente con múltiples nodos de comunicación inalámbricos y con diferentes perfiles de interferencia y se adapte a cambios en el entorno de red.

Como un ejemplo para ilustrar, haciendo referencia a la Figura 11A, el nodo de comunicación inalámbrico 1110 aloja un módulo C o un módulo A junto con un módulo B. Durante el momento T1, el módulo A/módulo C del nodo de comunicación inalámbrico 1110 y el módulo de comunicación del nodo de comunicación inalámbrico 1010 trabajan juntos para establecer o bien un haz
15 de densidad espectral de potencia baja de frecuencia ultra ancha de tasa de datos extremadamente alta o un enlace 1101 basado en haz extremadamente estrecho para proporcionar una conexión inalámbrica entre los nodos de comunicación inalámbricos 1110 y 1120. En la sustancialmente misma duración de tiempo T1, el módulo B del nodo de comunicación inalámbrico 1110 que se basa en AAS y genera múltiples haces crea simultáneamente un enlace de punto a multipunto que conecta el nodo de comunicación inalámbrico 1110 con los nodos de comunicación inalámbricos 1130, 1140, 1150 y 1160.
20 Específicamente, el módulo B del nodo de comunicación inalámbrico 1110 se

coordina con (1) un módulo del nodo de comunicación inalámbrico 1130 para establecer el haz bidireccional 1102, (2) un módulo del nodo de comunicación inalámbrico 1140 para establecer el haz bidireccional 1103, (3) un módulo del nodo de comunicación inalámbrico 1150 para establecer el haz bidireccional 1104 y (4) un módulo del nodo de comunicación inalámbrico 1160 para establecer el haz bidireccional 1105.

Haciendo referencia a la Figura 11B, en un momento diferente T2, debido a algún desencadenante, el módulo A/módulo C del nodo de comunicación inalámbrico 1110 puede conmutar dinámicamente su enlace inalámbrico desde el nodo de comunicación inalámbrico 1120 al nodo de comunicación inalámbrico 1140 orientando el haz hacia nodo de comunicación inalámbrico 1140. Al mismo tiempo o después de recibir instrucciones desde una capa superior, el módulo B del nodo de comunicación inalámbrico 1110 desconecta su enlace con el nodo de comunicación inalámbrico 1140 a través del haz 1103 y genera un nuevo haz 1113 en la dirección del nodo de comunicación inalámbrico 1120 y establece una conexión con el nodo de comunicación inalámbrico 1120. El desencadenante para esta orientación de haz puede deberse a cambios en la condición de enlace entre el nodo de comunicación inalámbrico 1110 y el nodo de comunicación inalámbrico 1120 o 1140, que puede implicar diversos factores, incluyendo, pero sin limitación a, un cambio desde una trayectoria LOS a una trayectoria sin LOS debido a un cambio en entorno, interferencia aumentada, un cambio en posición del nodo de comunicación inalámbrico 1120 o 1140 con respecto al nodo de comunicación inalámbrico 1110, instrucciones desde capas superiores, etc.

Como se muestra en las Figuras 11A-B, la conmutación de enlace dinámica puede producirse entre los nodos de comunicación inalámbricos 1110, 1120 y 1140. Sin embargo, debería entenderse que la conmutación dinámica también puede producirse entre diferentes nodos de comunicación.

5 En algunos casos, uno o más nodos de comunicación inalámbricos pueden abandonar la red de comunicación. En tal caso, enlaces entre los nodos pueden descartarse y la red de comunicación puede realinearse dinámicamente a sí misma ajustando/conmutando tipos de enlace entre el número restante de nodos de comunicación inalámbricos en la red de
10 comunicación para ajustarse mejor a las necesidades de los nodos de comunicación inalámbricos y la red de comunicación.

En algunas realizaciones, los nodos de comunicación inalámbricos 1120, 1130, 1140, 1150 y 1160 pueden alojar múltiples módulos del mismo o diferentes tipos. Por ejemplo, uno o más de los nodos de comunicación
15 inalámbricos 1120, 1130, 1140, 1150 y 1160 pueden alojar un módulo A y un módulo B. Por lo tanto, cuando el nodo de comunicación inalámbrico 1110 hace un enlace de punto a punto usando su módulo A o módulo C con un primer módulo de comunicación (por ejemplo, el módulo A o C) de los nodos de comunicación inalámbricos 1120, 1130, 1140, 1150 y 1160, a continuación un
20 segundo módulo de comunicación (por ejemplo, el módulo B) de los nodos de comunicación inalámbricos 1120, 1130, 1140, 1150 y 1160 puede crear simultáneamente enlaces de comunicación inalámbricos de punto a multipunto con otros módulos de nodos de comunicación inalámbricos en la red de malla que no se muestran en este punto. De manera similar, cuando el nodo de
25 comunicación inalámbrico 1110 hace un enlace de punto a multipunto usando

su módulo B con el primer módulo de comunicación (por ejemplo, el módulo A o C) de los nodos de comunicación inalámbricos 1120, 1130, 1140, 1150 y 1160, a continuación el segundo módulo de comunicación (por ejemplo, el módulo B) de los nodos de comunicación inalámbricos 1120, 1130, 1140, 1150 y 1160 puede crear simultáneamente enlaces de comunicación inalámbricos de punto a multipunto con otros módulos de nodos de comunicación inalámbricos en la red de malla que no se muestran en este punto.

Como otro ejemplo, uno o más de los nodos de comunicación inalámbricos 1120, 1130, 1140, 1150 y 1160 pueden alojar dos módulos A o módulos C. Por lo tanto, cuando el nodo de comunicación inalámbrico 1110 hace un enlace de punto a punto usando su módulo A o módulo C con el primer módulo A o C de los nodos de comunicación inalámbricos 1120, 1130, 1140, 1150 y 1160, a continuación el segundo módulo A o módulo C de los nodos de comunicación inalámbricos 1120, 1130, 1140, 1150 y 1160 puede crear simultáneamente enlaces de comunicación inalámbricos de punto a punto con otros módulos de nodos de comunicación inalámbricos en la red de malla que no se muestran en este punto. De manera similar, cuando el nodo de comunicación inalámbrico 1110 hace un enlace de punto a multipunto usando su módulo B con los primeros módulos de comunicación (módulo A o C) de los nodos de comunicación inalámbricos 1120, 1130, 1140, 1150 y 1160, a continuación el segundo módulo A o C de los nodos de comunicación inalámbricos 1120, 1130, 1140, 1150 y 1160 puede crear simultáneamente enlaces de comunicación inalámbricos de punto a punto con otros módulos de nodos de comunicación inalámbricos en la red de malla que no se muestran en este punto.

Como otro ejemplo más, los nodos de comunicación inalámbricos 1120, 1130, 1140, 1150 y 1160 pueden alojar múltiples módulos A o módulos C y un módulo B. Por ejemplo, uno o más de los nodos de comunicación inalámbricos 1120, 1130, 1140, 1150 y 1160 pueden alojar dos módulos A o módulos C y un módulo B. Por lo tanto, cuando el nodo de comunicación inalámbrico 1110 hace un enlace de punto a punto usando su módulo A o módulo C con un primer módulo A o C de los nodos de comunicación inalámbricos 1120, 1130, 1140, 1150 y 1160, a continuación un segundo módulo A o módulo C de los nodos de comunicación inalámbricos 1120, 1130, 1140, 1150 y 1160 puede crear simultáneamente enlaces de comunicación inalámbricos de punto a punto con un tercer módulo de comunicación (por ejemplo, el módulo B) de los nodos de comunicación inalámbricos 1120, 1130, 1140, 1150 y 1160 puede crear simultáneamente enlaces de comunicación inalámbricos de punto a multipunto con otros módulos de nodos de comunicación inalámbricos en la red de malla que no se muestran en este punto. De manera similar, cuando el nodo de comunicación inalámbrico 1110 hace un enlace de punto a multipunto usando su módulo B con el primer módulo de comunicación (por ejemplo, el módulo A o C) de los nodos de comunicación inalámbricos 1120, 1130, 1140, 1150 y 1160, a continuación el segundo módulo de comunicación (por ejemplo, el módulo A o C) de los nodos de comunicación inalámbricos 1120, 1130, 1140, 1150 y 1160 puede crear simultáneamente enlaces de comunicación inalámbricos de punto a punto con otros módulos de nodos de comunicación inalámbricos en la red de malla que no se muestran en este punto y un tercer módulo de comunicación (por ejemplo, el módulo B) de los nodos de comunicación inalámbricos 1120, 1130, 1140, 1150 y 1160 puede crear

simultáneamente enlaces de comunicación inalámbricos de punto a multipunto con otros módulos de nodos de comunicación inalámbricos en la red de malla que no se muestran en este punto.

Se ha de observar que los enlaces de comunicación inalámbricos establecidos por el módulo A o el módulo C tienen una alta fiabilidad debido a la inmunidad a interferencias o bien debido a haces extremadamente estrechos o bien debido a transmisión de datos a través de ancho de banda ultra alto. Estas características hacen estos enlaces más adecuados para transportar información de control y datos para múltiples usuarios de una red de malla de comunicación inalámbrica. Por lo tanto, los enlaces establecidos por el módulo A o el módulo C pueden actuar como red de retorno inalámbrica para una red de malla mientras que los enlaces establecidos con el módulo B pueden proporcionar acceso a usuarios individuales de una red de comunicación.

En una realización, toda una malla inalámbrica puede componerse de enlaces de punto a punto en los que ambos enlaces que proporcionan red de retorno y acceso tienen inmunidad a interferencias. Aunque tales enlaces son más caros debido al requisito de módulos separados para establecer enlaces individuales, tales enlaces son adecuados cuando se requiere asegurar cierta calidad de servicio o fiabilidad altas para todos los clientes de la red.

Por ejemplo, la Figura 12 muestra una ubicación 1200 de una red de comunicación que puede ser una casa de semilla o de anclaje. La ubicación 1200 aloja un nodo de comunicación inalámbrico 1201 que contiene un total de 6 módulos de comunicación que pertenecen o bien al módulo A o bien al módulo C. Por lo tanto, el nodo de comunicación inalámbrico 1201 es capaz de establecer seis enlaces de punto a punto. Como se muestra, el nodo de

comunicación inalámbrico 1201 usa un 1^{er} y 4^o módulo A/módulo C para establecer conexiones con la ubicación 1210 y la ubicación 1260 que sirven como enlaces de red de retorno, mientras que el nodo de comunicación inalámbrico 1201 usa un 2^o, 3^{er}, 5^o y 6^o módulo A/módulo C para establecer
5 enlaces de punto a punto con la ubicación 1220, 1230, 1250 y 1240 para proporcionar enlaces de acceso. A este respecto, los enlaces entre las ubicaciones 1200 y 1220, ubicaciones 1200 y 1230, ubicaciones 1200 y 1240 y ubicaciones 1200 y 1250 únicamente transportan datos para usuarios individuales, mientras que los enlaces entre las ubicaciones 1200 y 1260 y
10 ubicaciones 1200 y 1210 transportan señalización y datos para todas las ubicaciones que incluyen 1200, 1210, 1220, 1230, 1240, 1250 y 1260.

En otra realización, toda una malla inalámbrica puede componerse de una combinación de enlaces de punto a punto y enlaces de punto a multipunto en los que enlaces de punto a punto actúan como enlaces de red de retorno y
15 enlaces de punto a multipunto actúan como enlaces de acceso a usuarios individuales. Aunque tales redes de malla inalámbricas debido a la presencia de enlaces de punto a multipunto proporcionan inmunidad a interferencias a todos los usuarios de la red de comunicación, tales redes de malla inalámbricas son menos caras debido a la no exigencia de módulos separados para
20 establecer enlaces individuales.

Por ejemplo, la Figura 13 muestra una ubicación 1300 de una red de comunicación que puede ser una casa de semilla o de anclaje. La ubicación 1300 aloja un nodo de comunicación inalámbrico 1301 que contiene un total de 4 módulos de comunicación que pertenecen o bien al módulo A/ módulo C o
25 bien al módulo B. Por lo tanto, este nodo de comunicación inalámbrico es

capaz de establecer dos enlaces de punto a punto y dos enlaces de punto a multipunto. Como se muestra, el nodo de comunicación inalámbrico 1301 usa un 1^{er} y 4^o módulo A/ módulo C para establecer conexiones con la ubicación 1310 y la ubicación 1360 que sirven como enlaces de red de retorno, mientras
5 que el nodo de comunicación inalámbrico 1301 usa un 2^o módulo B para establecer enlaces de punto a multipunto con ubicaciones 1320, 1330 y usa un 3^{er} módulo B para establecer enlaces de punto a multipunto con ubicaciones 1350 y 1340 para proporcionar enlaces de acceso. En otras palabras, los enlaces entre las ubicaciones 1300 y 1320, ubicaciones 1300 y 1330,
10 ubicaciones 1300 y 1340 y ubicaciones 1300 y 1350 únicamente transportan datos para usuarios individuales, mientras que los enlaces entre las ubicaciones 1300 y 1360 y ubicaciones 1300 y 1310 transportan señalización y datos para todas las ubicaciones que incluyen 1300, 1310, 1320, 1330, 1340, 1350 y 1360.

15 Haciendo referencia a la Figura 14, se muestra otra posible realización del nodo de comunicación inalámbrico 131 de la Figura 1 como el nodo de comunicación inalámbrico 1400. El nodo de comunicación inalámbrico 1400 comprende un único módulo etiquetado como "módulo D". El módulo D comprende una unidad de banda base o unidad digital 1401 que ejecuta el
20 protocolo de nivel de capa física que incluye modulación/demodulación digital (módem) y otros protocolos de capa superior tales como capa MAC, etc. La unidad de banda base 1401 interactúa con otros nodos de la red de comunicación que son externos al nodo de comunicación inalámbrico 1400 a través de un medio por cable.

El módulo D también incluye la unidad de RF 1402, que entre otras cosas procesa señales de frecuencia intermedia (IF) y define el intervalo de frecuencias de las señales de radio que pueden transmitirse o recibirse con el módulo D. La unidad de RF 1402 es capaz de operar a través de un intervalo
5 amplio de frecuencias (por ejemplo, frecuencias de banda de 5 GHz que varían de 5 GHz a 6 GHz).

Además, como se muestra, el módulo D también comprende una unidad de antena 1403 que realiza la transmisión y recepción de señales de radio aéreas. La unidad de antena 1403 es capaz de transmitir y recibir un haz
10 extremadamente estrecho de señales. La unidad de antena 1403 puede construirse con agrupaciones de elementos de antena o bien de 1 o bien de 2 dimensiones que tienen excelentes propiedades de control de direccionalidad de señales de radio usando formación de haces y pueden propagarse incluso en un entorno sin línea de visión. El módulo D con la ayuda de unidad de
15 antena 1403 es capaz de establecer enlaces de punto a multipunto con una torre con capacidad de realizar haces de MIMO (entrada múltiple salida múltiple) masiva. En una realización, el módulo D puede diseñarse y fabricarse al menos en parte usando ASIC (circuito integrado específico de la aplicación) y una unidad de RF integrada denominada RFIC.

20 Haciendo referencia a la Figura 15, se muestra un ejemplo de múltiples módulos D conectados a una torre 1500. Específicamente, el nodo de comunicación inalámbrico 1501 que aloja un módulo D descrito anteriormente se conecta a la torre 1500 a través del enlace de haz MIMO masiva 1510 que puede ser tanto con línea de visión como sin línea de visión, el nodo de
25 comunicación inalámbrico 1502 que aloja un módulo D descrito anteriormente

se conecta a la torre 1500 a través del enlace de haz MIMO masiva 1520 que puede ser tanto con línea de visión como sin línea de visión, y el nodo de comunicación inalámbrico 1503 que aloja un módulo D descrito anteriormente se conecta a la torre 1500 a través del enlace de haz MIMO masiva 1530 que puede ser tanto con línea de visión como sin línea de visión. La torre 1500 está equipada con un módulo de MIMO masiva que puede crear múltiples enlaces de haz estrecho bidireccionales simultáneamente en todas las direcciones con 360 grados de área de cobertura. En una realización, la torre 1500 puede operar en la banda de 5 GHz incluyendo frecuencias que varían de 5000 MHz a 6000 MHz. En otras realizaciones, la torre 1500 y los nodos de comunicación inalámbricos 1501, 1502 y 1503 asociados pueden operar dentro de una banda de frecuencia diferente.

Debería entenderse que mientras la Figura 15 muestra únicamente una torre y tres nodos de comunicación inalámbricos que alojan el módulo D en la red, una red dada puede tener múltiples torres similares a la torre 1500 y estas torres pueden estar cada una conectadas a un gran número de nodos de comunicación inalámbricos que alojan diversos otros módulos.

De acuerdo con la presente divulgación, la ruta que toma un paquete particular desde un origen a un destino puede seleccionarse dinámicamente a base de factores que incluyen, pero sin limitación a, calidad de enlace, carga, latencia, etc. Por ejemplo, haciendo referencia a la Figura 16, el sistema de comunicación 1600 se muestra que es similar al sistema de comunicación 100 y tiene todos los componentes descritos en el contexto de la Figura 1. Adicionalmente, el sistema 1600 de la Figura 16 incluye una torre 1610 que es similar a la torre 1500 descrita en el contexto de la Figura 15. En contraste al

sistema de comunicación 100 en la Figura 1, los nodos de comunicación inalámbricos 131, 132, 133, 134 y 135 alojan un módulo D adicional además del módulo A/módulo B o módulo C que habilita que estos nodos de comunicación inalámbricos establezcan opcionalmente enlaces bidireccionales con características descritas en el contexto de las Figuras 14-15 con la torre 1610 usando capacidades de formación de haces de MIMO masiva. Tales enlaces etiquetados como 1601, 1602, 1603, 1604 y 1605 pueden trabajar tanto en un entorno con línea de visión como sin línea de visión y pueden proporcionar una trayectoria de comunicación alternativa a los nodos de comunicación inalámbricos 131, 132, 133, 134 y 135 en un evento en el que enlaces de punto a punto o punto a multipunto que conectan un nodo de comunicación inalámbrico a un nodo de comunicación inalámbrico homólogo para formar una red de malla fallan o experimentan degradación de rendimiento debido a diversas razones que incluyen, pero sin limitación a, cambio en el perfil de línea de visión de enlace de onda milimétrica entre dos nodos de comunicación inalámbricos.

En la Figura 16, se muestra únicamente una torre (es decir, la torre 1610) con capacidad de comunicación de punto a multipunto de MIMO masiva a conectarse a cinco nodos de comunicación inalámbricos 131-135. Sin embargo, debería entenderse que un sistema de comunicación también puede tener más de una torre, cada una conectada a múltiples nodos de comunicación inalámbricos diferentes que alojan diversos otros módulos.

En áreas dentro del área de cobertura de la torre 1500 (y otras torres del mismo tipo), una red de comunicación dada puede comenzar inicialmente de una manera de punto a multipunto, en la que la torre 1500 (y otras torres del

mismo tipo) proporciona acceso a clientes individuales usando haces de punto a multipunto de MIMO masiva por debajo de 6 GHz. Posteriormente, nodos en la red de comunicación dada pueden conectarse de forma oportunista con otros nodos usando módulos regulares (por ejemplo, módulo A/módulo B/módulo C) en la presencia de línea de visión. De esta forma, la red de comunicación dada puede evolucionar a una red de malla con conexión de punto a punto y punto a multipunto entre los nodos además de cada nodo de comunicación teniendo una trayectoria directamente (sin línea de visión) a la torre 1500 (y otras torres del mismo tipo) que se encuentran dentro del área de cobertura.

10 Un experto en la materia apreciará que una ruta que toma un paquete dado desde un origen a un destino en esta red puede optimizarse considerando diversos factores que incluyen latencia, congestión, fiabilidad, etc. Un experto en la materia también apreciará que una red de comunicación dada puede añadir posteriormente casas de semilla (por ejemplo, las casas de semilla 111 y 115 en la Figura 1) junto con los puntos de acceso de torre/fibra 101 y 102 para proporcionar una red de retorno alternativa según la necesidad.

En otra realización, en lugar de proporcionar capacidad de interconexión de punto a multipunto de MIMO masiva usando una torre terrestre, también puede proporcionarse capacidad de MIMO masiva de punto a multipunto a nodos de comunicación inalámbricos de red mediante un satélite, por ejemplo un satélite con órbita terrestre baja (LEO). Por ejemplo, haciendo referencia a la Figura 17, el sistema de comunicación 1700 se muestra que es similar al sistema de comunicación 100 y tiene todos los componentes descritos en el contexto de la Figura 1. Adicionalmente, el sistema 1700 de la Figura 17 incluye un satélite 1710 que es capaz de transmisión y recepción de MIMO

masiva en frecuencias que incluyen, pero sin limitación a, 5-6 GHz, similar a la torre 1500 descrita en el contexto de la Figura 15. En contraste al sistema de comunicación 100 en la Figura 1, los nodos de comunicación inalámbricos 131, 132, 133, 134 y 135 alojan un módulo D adicional (además del módulo A/módulo B o módulo C) que habilita que estos nodos de comunicación inalámbricos establezcan opcionalmente enlaces bidireccionales con características descritas en el contexto de las Figuras 14-15 con el satélite 1710 usando capacidades de formación de haces de MIMO masiva. Tales enlaces etiquetados como 1701, 1702, 1703, 1704 y 1705 pueden proporcionar una trayectoria de comunicación alternativa a los nodos de comunicación inalámbricos 131, 132, 133, 134 y 135 en un evento en el que enlaces de punto a punto o punto a multipunto que conectan un nodo de comunicación inalámbrico a un nodo de comunicación inalámbrico homólogo para formar una red de malla fallan o experimentan degradación de rendimiento debido a diversas razones que incluyen, pero sin limitación a, cambio en el perfil de línea de visión de enlace de onda milimétrica entre dos nodos de comunicación inalámbricos.

En la Figura 17, se muestra únicamente un satélite 1710 con capacidad de comunicación de punto a multipunto de MIMO masiva a conectarse a cinco nodos de comunicación inalámbricos 131-135. Sin embargo, debería entenderse que un sistema de comunicación también puede tener más de un satélite, cada uno conectado a múltiples nodos de comunicación inalámbricos diferentes que alojan diversos otros módulos.

En otra realización, algunos de los nodos de comunicación inalámbricos que proporcionan una funcionalidad de red de retorno pueden estar equipados

con múltiples módulos de comunicación que habilitan que estos nodos de comunicación inalámbricos proporcionen datos de red de retorno de transporte entre un usuario final y una red usando múltiples tipos de enlaces de comunicación diferentes. Por ejemplo, haciendo referencia a la Figura 18, el sistema de comunicación 1800 se muestra que es similar al sistema de comunicación 100 y tiene todos los componentes descritos en el contexto de la Figura 1. Adicionalmente, el sistema 1800 de la Figura 18 incluye un satélite 1810 que es capaz de transmisión y recepción de MIMO masiva en frecuencias que incluyen, pero sin limitación a, 5-6 GHz, similar a la torre 1500 descrita en el contexto de la Figura 15. El sistema 1800 también incluye una torre de cable de MIMO masiva 1820 que también es similar a la torre 1500 descrita en el contexto de la Figura 15.

En contraste al sistema de comunicación 100 en la Figura 1, los nodos de comunicación inalámbricos 131, 132, 133, 134 y 135 alojan un módulo D adicional (además del módulo A/módulo B o módulo C) que habilita que estos nodos de comunicación inalámbricos establezcan opcionalmente enlaces bidireccionales con características descritas en el contexto de las Figuras 14-15 con el satélite 1810 y la torre 1820 usando capacidades de formación de haces de MIMO masiva. Tales enlaces etiquetados como 1801, 1802, 1803 y 1804 pueden proporcionar una trayectoria de comunicación alternativa a los nodos de comunicación inalámbricos 131, 132, 133, 134 y 135 en un evento en el que enlaces de punto a punto o punto a multipunto que conectan un nodo de comunicación inalámbrico a un nodo de comunicación inalámbrico homólogo para formar una red de malla fallan o experimentan degradación de rendimiento debido a diversas razones, incluyendo, pero sin limitación a, cambio en el perfil

de línea de visión de enlace de una onda milimétrica entre dos nodos de comunicación inalámbricos. Específicamente, el satélite 1810 en la Figura 18 se conecta a la casa de semilla 115 usando el nodo de comunicación inalámbrico 135 a través del enlace 1804 y a la casa de anclaje 112 usando el
5 nodo de comunicación inalámbrico 132 a través del enlace 1803. La casa de semilla 115, por lo tanto, tiene múltiples opciones para encaminar el tráfico de red de retorno a la red.

En una realización, la casa de semilla 115 que usa el nodo de comunicación inalámbrico 135 en un momento dado puede elegir un enlace de
10 satélite 1804 para transportar datos de red de retorno y, a base de algún desencadenante en un momento diferente, ordenar al módulo de comunicación inalámbrica 135 que conmute enlaces para transmisión de datos de red de retorno desde 1804 a un enlace basado en onda milimétrica (por ejemplo, banda E) de punto a punto o punto a multipunto acoplado al punto de acceso
15 de torre/fibra 102. Tal desencadenante puede incluir requisitos de latencia, ancho de banda, pérdida de paquetes, etc. de una aplicación particular.

La Figura 18 también muestra una casa de usuario final 113 en la que el nodo de comunicación inalámbrico 133 transporta los datos usando el nodo de comunicación inalámbrico 132 de la casa de anclaje 112. El nodo de
20 comunicación inalámbrico 132 se muestra que tiene múltiples opciones para transportar datos de usuario final de la casa 113, incluyendo conexión de enlace de satélite directa usando 1803, conexión de enlace de satélite indirecta usando 1804 a través del nodo de anclaje 135, o a través de conexiones punto a punto/punto a multipunto usando una onda milimétrica a través de las torres

101 o 102 a través de las casas de semilla 111 y 115 respectivamente, entre otras opciones.

En una realización, el nodo de comunicación inalámbrico 132 puede conmutar dinámicamente su enlace de conexión para encaminar datos a y desde la casa de usuario final 113. Por ejemplo, debido a algún desencadenante similar a los desencadenantes descritos anteriormente, el nodo de comunicación inalámbrico 132 puede conmutar dinámicamente desde el enlace de satélite 1803 al enlace de satélite 1804 a través del nodo de comunicación inalámbrico 135 para transportar datos a y desde la casa de usuario final 113.

Debería entenderse que los enlaces 1803 y 1804 pueden ser parte del mismo haz de MIMO masiva o los enlaces 1803 y 1804 pueden ser parte de diferentes haces de MIMO masiva. También debería entenderse que los enlaces de satélite 1802 y 1804 pueden usar el mismo intervalo de frecuencias de comunicaciones o pueden operar en diferentes intervalos de frecuencia. Además, mientras la Figura 18 muestra únicamente un satélite (es decir, el satélite 1810) con capacidad de comunicación de punto a multipunto de MIMO masiva que se conecta a dos nodos de comunicación inalámbricos 132 y 135, debería entenderse que un sistema de comunicación también puede tener más de un satélite, cada uno conectado a múltiples nodos de comunicación inalámbricos diferentes que alojan diversos otros módulos.

Como se muestra adicionalmente en la Figura 18, la torre 1820 se conecta a la casa de semilla 111 usando el nodo de comunicación inalámbrico 135 a través del enlace 1804 y a la casa de anclaje 112 usando el nodo de comunicación inalámbrico 131 a través del enlace 1801 y a la casa de anclaje

114 usando el nodo de comunicación inalámbrico 134 a través del enlace 1802. Esto proporciona a la casa de anclaje 114 opciones para encaminar paquetes a la red de múltiples formas que incluyen (a) a través de enlaces 152 o 155 basados en onda milimétrica de punto a punto o punto a multipunto, y (b) a través de un enlace basado en MIMO masiva directo a la torre 1820 a través del enlace 1802.

De manera similar, la casa de semilla 111 tiene múltiples opciones para encaminar tráfico de red de retorno a la red. En una realización, la casa de semilla 111 que usa el nodo de comunicación inalámbrico 131 en un momento dado puede elegir un enlace de satélite 1801 para transportar datos de red de retorno y a base de algún desencadenante en un momento diferente, ordenar al módulo de comunicación inalámbrica 131 que conmute enlaces para transmisión de datos de red de retorno desde 1801 a un enlace basado en onda milimétrica (por ejemplo, banda E) de punto a punto o punto a multipunto acoplado al punto de acceso de torre/fibra 101. Tal desencadenante puede incluir requisitos de latencia, ancho de banda, pérdida de paquetes, etc. de una aplicación particular.

En la Figura 18 únicamente se muestra una torre (es decir, la torre 1820) con capacidad de comunicación de punto a multipunto de MIMO masiva a conectarse a dos nodos de comunicación inalámbricos 131 y 134. Sin embargo, debería entenderse que un sistema de comunicación también puede tener un número diferente de torres de MIMO masiva, cada una conectada a múltiples nodos de comunicación inalámbricos diferentes que alojan diversos otros módulos.

En otra realización, uno o más nodos de comunicación inalámbricos descritos anteriormente y analizados con respecto a las Figuras 1-18 pueden ser adicionalmente un nodo de computación de borde alojando un procesador (separado o compartido), memoria, contenidos digitales, software y almacenamiento, entre otros componentes para la computación, y otras operaciones requeridas para computación de borde, además de la capacidad de interconexión de latencia baja y velocidad alta que ya se ha descrito anteriormente. Esto habilita que un sistema de comunicación dado proporcione servicios en la nube de una manera distribuida más cercano a un usuario final ya que los nodos de comunicación inalámbricos están distribuidos a través de la red y proporcionan una interfaz entre la red y un usuario final. Esta unidad de memoria puede almacenar una copia de contenidos digitales locales y puede almacenar adicionalmente porciones de contenido digital que no son locales. Los contenidos digitales no locales, entre otras cosas, pueden incluir contenido digital que pertenece a otros nodos. Esto proporciona redundancia de contenido en un sistema de comunicación. Por lo tanto, cuando un usuario final de un sistema de comunicación solicita contenido digital, a continuación este mecanismo de computación de borde permite que se cumpla una petición de una diversidad de formas diferentes, incluyendo una petición procesada por un nodo local y/o nodo remoto a base de diversos criterios que incluyen, pero sin limitación a, latencia, congestión de red, etc. de la aplicación que hace la petición.

En otra realización, uno o más nodos de comunicación inalámbricos descritos anteriormente y analizados con respecto a las Figuras 1-18 pueden ser adicionalmente un nodo de cadena de bloques alojando un ordenador que

comprende al menos un procesador, memoria, contenido digital, software, etc., que se conecta a una red de cadena de bloques que comprende un cliente que es capaz de almacenar, validar y/o retransmitir transacciones además de la capacidad de interconexión de latencia baja y velocidad alta que ya se ha descrito anteriormente. Esto habilita que el sistema de comunicación y sus nodos descritos en esta divulgación y analizados en el contexto de las Figuras 1-18 proporcionen una plataforma ideal para bases de datos de cadena de bloques, bases de datos de cadena de bloques empresariales, cadenas de bloques autorizadas/privadas, híbridas y otros tipos similares de bases de datos dado que (1) el espacio de almacenamiento de archivos/datos/registros se distribuye inherentemente ya que los nodos de comunicación inalámbricos están distribuidos a través del área de cobertura geográfica y (2) comunicación de baja latencia entre los nodos y a través de la red debido a enlaces inalámbricos de alta velocidad habilitan una latencia mejorada y mejoran el caudal de transacción de las bases de datos basadas en cadena de bloques.

En otra realización preferida, uno o más nodos de comunicación inalámbricos pueden actuar adicionalmente como un nodo de almacenamiento de datos distribuido basado en cadena de bloques añadiendo capacidad de almacenamiento especializado o compartido a estos nodos. Una ventaja clave de la implementación de almacenamiento de datos distribuido basado en cadena de bloques en un sistema de comunicación dado y los nodos de comunicación inalámbricos descritos en esta divulgación es que los nodos de almacenamiento se distribuyen inherentemente, y debido a la baja latencia y alto ancho de banda de los enlaces de comunicación inalámbricos entre el nodo de comunicación inalámbrico descrito anteriormente y la

proximidad de los nodos de ubicación de almacenamiento a un usuario final, acceder al contenido de datos puede ser más rápido en comparación con otros enfoques.

De acuerdo con la presente divulgación, el equipo de nodo de red de
5 malla inalámbrica (enlace de punto a punto módulos, enlace de punto a
multipunto módulos, múltiples módulos de enlace de punto a punto,
combinación de múltiples enlaces de punto a punto y punto a multipunto,
antenas para células pequeñas celulares/CPE y equipo de mmWave, cable,
monturas, cajas de fuente de alimentación, etc.) que se despliega e instala en
10 una azotea de una infraestructura privada tal como una casa unifamiliar puede
financiarse por el consumidor. Por ejemplo, en caso de un cliente que cumple
con un cierto umbral de calificación crediticia (o cualquier otro criterio de
comprobación de crédito), el equipo requerido para añadir un nodo de malla de
onda milimétrica en las instalaciones del cliente (es decir, para añadir al cliente
15 a la red de malla inalámbrica) y proporcionar servicio de internet de alta
velocidad puede financiarse por un banco en nombre del cliente, y el cliente
puede acordar con el banco financiador reembolsar la cantidad financiada por
el banco durante un cierto periodo de tiempo haciendo pagos periódicos (por
ejemplo, mensualmente) a base de los términos y condiciones del acuerdo. De
20 esta forma, el cliente se convierte en el propietario del equipo (un nodo de red
de malla inalámbrica) una vez que se entrega toda la cantidad financiada al
banco financiador. Este cliente, en una realización, puede subarrendar el
equipo de nodo de red de malla inalámbrica instalado en su propiedad al
operador de la red de malla inalámbrica que instaló el equipo de red de malla
25 inalámbrica en su propiedad y proporcionar servicio de datos de internet de alta

velocidad. En otra realización, este cliente puede subarrendar el equipo de nodo de red de malla inalámbrica instalado en su propiedad al operador de la red de malla inalámbrica que instaló el equipo de red de malla inalámbrica en su propiedad y proporcionar servicio de datos de internet de alta velocidad
5 durante un cierto plazo (por ejemplo, 18 meses, 24 meses, 36 meses, etc.).

En algunos casos, puede requerirse que este cliente subarriende el equipo a únicamente ese operador que instaló originalmente el equipo en la ubicación del cliente y proporcionó servicios de datos de internet de alta velocidad. En otras instancias, este cliente puede subarrendar el equipo a
10 cualquier operador de red de internet inalámbrica. En otro ejemplo, el subarrendamiento del equipo a otro operador distinto del operador que instaló originalmente el equipo de red en una ubicación del cliente puede producirse únicamente con el permiso del operador de red de internet inalámbrico que instaló originalmente ese equipo en la ubicación de cliente. En aún otra
15 instancia, tal subarrendamiento a un operador de red internet inalámbrica diferente puede producirse únicamente después de la expiración del plazo de arrendamiento con el operador de red de internet inalámbrica original.

Para un operador de red de internet inalámbrica que construye y opera una red de malla inalámbrica, el tipo de despliegue de red basada en
20 financiación del cliente descrito anteriormente se convierte en un mecanismo de ampliación de infraestructura basada en colaboración abierta distribuida y financiación colaborativa, en el que en lugar de una o unas pocas entidades grandes, se obtiene una CAPEX de una agrupación de individuos que en algunos casos son los clientes del operador de red de malla inalámbrica. Tales
25 clientes pueden conseguir servicio de datos de internet de alta velocidad del

operador de red de malla inalámbrica (que opera usando módulos de ptp/ptmp, otros nodos de comunicación y equipo y diversas variaciones analizadas anteriormente en esta divulgación) a una tarifa con subvención/descuento. En ciertos casos, tales clientes pueden recibir dos facturas periódicamente, una
5 por el servicio de datos de internet de alta velocidad y otra por la financiación del equipo del banco. En otro caso, los clientes pueden recibir una única factura consolidada del operador de malla inalámbrica.

En algunos casos, todos los clientes de un operador de malla inalámbrica pueden basarse en la financiación de consumidor explicada
10 anteriormente en un vecindario o mercado en el que el operador de malla inalámbrica ofrece su servicio de datos de internet de alta velocidad. En otras instancias, los clientes de la red de malla inalámbrica en un mercado o vecindario pueden financiarse a través de una diversidad de diferentes formas que incluyen financiación del operador en la que el operador de malla
15 inalámbrica paga el equipo del nodo de malla inalámbrica, financiado a través de una agrupación con un servicio público o servicio privado que tiene un tamaño de mercado relativamente pequeño (por ejemplo, seguridad/automatización doméstica, energía solar, etc.) en comparación con el tamaño del mercado de la internet de alta velocidad en el que se ofrece un
20 servicio agrupado y el operador de malla inalámbrica usa la comisión de marketing/ventas recibidas del proveedor de servicio público o servicio privado para financiar el equipo de nodo de malla inalámbrica, financiado a través de los ingresos generados de dirigir servicios basados en plataforma de cadena de bloques en los nodos de red de malla inalámbrica junto con el

cliente/financiación basada en el cliente que se explica anteriormente en la divulgación.

Además, de acuerdo con la presente divulgación, el equipo de comunicaciones, que incluye diversos tipos de módulos de ptp/ptmp, célula
5 pequeña celular, etc. que se describieron anteriormente, puede usarse para establecer múltiples enlaces de punto a punto y/o punto a multipunto en los que ambos nodos de red de un enlace inalámbrico, uno desde donde se origina un enlace y el segundo desde donde termina un enlace (en general, los nodos pueden conmutar funciones dinámicamente entre originador de enlace y
10 terminador de enlace a base de la dirección de flujo de datos), se ubican en las diferentes ubicaciones de cliente y proporcionan servicio de internet de alta velocidad a los residentes de la propiedad donde se despliega e instala el nodo de red de malla inalámbrica. En algunos casos, uno de los dos nodos del enlace puede estar en una ubicación en la que el equipo desplegado
15 proporciona servicio de internet de alta velocidad a los residentes de la propiedad en esa ubicación. En otras instancias, ambos nodos del enlace pueden estar en una ubicación en la que el equipo desplegado no proporciona servicio de internet de alta velocidad a los residentes de la propiedad en esa ubicación.

20 Debería entenderse que puede variar la longitud de los enlaces de comunicación de una red de malla inalámbrica descrita anteriormente. Por ejemplo, la longitud de los enlaces de comunicación de una red de malla inalámbrica establecida con la ayuda de los diversos módulos de comunicación y equipo descritos anteriormente puede ser menor de 300 metros de media.

Como alternativa, la longitud de los enlaces de comunicación de una red de malla inalámbrica también puede ser mayor de 300 metros de media.

De acuerdo con la presente divulgación, en el presente documento se desvelan adicionalmente módulos de comunicación que emplean conversión de
5 RF (microonda/onda milimétrica) a óptica directa y óptica a RF (microonda/onda milimétrica) directa. En una implementación de ejemplo, puede usarse los detectores de fotografía de alta velocidad que directamente traducen una señal óptica a una señal de microondas. Un experto en la materia apreciará que pueden usarse otros enfoques para conversión de óptica a RF
10 directa. De manera similar, una antena dipolo directamente acoplada a un modulador plasmónico permite una conversión directa desde el mundo de RF al óptico. Un experto en la materia apreciará que pueden usarse diferentes enfoques para conversión directa de señales de RF a señales ópticas. Estos módulos de conversión de óptica a RF directa y óptica a RF directa eliminan la
15 necesidad del uso de módulos de analógico a digital y digital a analógico (ADC/DAC) que se requieren mediante implementaciones de módem tradicionales. Estos componentes de señales mezcladas (es decir, ADC/DAC) consumen una gran cantidad de potencia y también aumentan el coste ya que se requiere que cada antena esté conectada a un módulo de ADC/DAC
20 separado.

La Figura 19 muestra un módulo de comunicación a base de conversión de RF a óptica directa y óptica a RF directa. El módulo de comunicación de la Figura 19 contiene un único submódulo de RF a óptica directo y un único submódulo de óptica a RF. Sin embargo, el módulo de comunicación de la
25 Figura 19 puede alojar cualquier número entero de submódulos de RF a óptica

directa mayor que o igual a cero y cualquier número entero de submódulos de óptica a RF directa mayor que o igual a cero. En una realización de ejemplo, esta tecnología de conversión de RF a óptica directa y óptica a RF directa puede implementarse en un circuito integrado (CI) o chip.

5 A base de la explicación anterior con respecto al módulo de comunicación de ejemplo de la Figura 19, en una realización de ejemplo, el núcleo de la red de malla inalámbrica puede ser un encaminador/conmutador óptico alámbrico o por cable en el que cada puerto se correlaciona, o bien a través de una conexión directa o bien a través de una línea óptica/por cable,
10 con un chip individual de conversión óptica a RF o RF a óptica directa que a continuación centra, tanto en el lado de transmisor como de receptor, toda la energía de RF en un haz estrecho de ganancia alta que puede ser tanto fijo como orientable. En una realización de ejemplo, podría usarse un encaminador/conmutador de 8 puertos x 10 G estándar, usándose un puerto
15 como descenso de datos a un edificio/sitio local y conectándose los otros 7 puertos a través de un cable de fibra óptica a diversos puntos de extremo de óptica a RF o RF a óptica que se ubican en múltiples ubicaciones distribuidas externas (y/o internas) sobre/dentro del edificio/sitio como se muestra en la Figura 20. Un experto en la materia entenderá que el encaminador/conmutador
20 puede tener también un número diferente de puertos.

 Estas múltiples ubicaciones distribuidas pueden determinarse por adelantado a base del uso de algoritmos de optimización de potencialidad de conexión, en el que el algoritmo entiende la relación entre colocación de puntos de extremo y potencialmente socios de conexión. También, los haces de PtP
25 individuales pueden orientarse dinámicamente entre socios de conexión de PtP

potenciales para facilitar algoritmos de optimización de trayectoria y/o para responder a congestión de red y/o fallos de elemento de red. En una realización, estos puntos de extremo de óptica a RF o RF a óptica que establecen haces de ptp/ptmp pueden situarse por debajo de los aleros de un
5 tejado y en otras realizaciones, estos puntos de extremo pueden situarse por encima de los aleros de un tejado. En algunas otras realizaciones, algunos de los puntos de extremo de óptica a RF o RF a óptica pueden situarse por debajo los aleros de un tejado y algunos pueden situarse por encima los aleros de un tejado y la colocación real puede depender del perfil de línea de visión de la
10 ubicación/sitio.

Debería entenderse que el módulo de comunicación de ejemplo analizado en el contexto de las Figuras 19-20 puede implementarse en otros módulos de comunicación que se analizaron en el contexto de las Figuras 1-18. Por ejemplo, los módulos analizados en el contexto de las Figuras 1-18 pueden
15 tener tecnología de RF a óptica directa y óptica a RF directa embebida de tal forma que el haz estrecho, haz extremadamente estrecho y/o enlaces de ptp/ptmp/múltiples ptp pueden establecerse sin la necesidad de circuitería de señales mezcladas de ADC/DAC que consume una gran cantidad de potencia y que requiere que esté conectada individualmente con cada antena.

20 De acuerdo con la presente divulgación, se analizará ahora una versión modificada de los nodos de comunicación analizados anteriormente para la construcción de una red de malla inalámbrica. En una realización, un nodo de comunicación puede ser un equipo de radio de onda milimétrica flexible con capacidad de establecer múltiples enlaces de punto a punto y/o punto a
25 multipunto operando a través de frecuencias de onda milimétrica y puede

comprender 3 submódulos diferentes: (1) módulo digital/de red, (2) módulo de radio de punto a punto y (3) módulo de radio de punto a multipunto. Un módulo digital/de red es responsable de interactuar con la anterior caja de radio de onda milimétrica (nodo de comunicación) con una red de retorno o red de fibra.

5 Específicamente, proporciona capacidad de conmutación a tráfico directo entre los módulos de radio de punto a punto o punto a multipunto de la caja de radio de onda milimétrica (nodo de comunicación) y la red de fibra o red de retorno. La conectividad entre un único o múltiples módulos de radio de punto a punto y/o punto a multipunto de la caja de radio de onda milimétrica y la red de

10 retorno o red de fibra puede basarse en una diversidad de interfaces que incluyen, pero sin limitación a, interfaz de bus de PCI/PCI expés y ethernet.

En una realización, puede usarse PCI/PCIe cuando una radio de punto a punto o punto a multipunto que necesita conectarse se incluye en la misma caja con un módulo digital/de red y la separación entre el módulo digital/de red

15 y el módulo de punto a punto está limitada a unos pocos centímetros tales como 7-15 centímetros o menos.

En una realización, un módulo digital/de red proporciona conectividad a un único módulo de punto a punto o punto a multipunto a través de una única interfaz de bus de PCI/PCIe. En una realización diferente, un módulo digital/de

20 red proporciona conectividad a 3 módulos de punto a punto o 3 módulos de punto a multipunto o una combinación de 3 módulos de punto a punto/punto a multipunto a través de tres interfaces de bus de PCI/PCIe separadas. En otra realización, un módulo digital/de red proporciona conectividad a N módulos de punto a punto o N módulos de punto a multipunto o una combinación de N

25 módulos de punto a punto/punto a multipunto a través de N interfaces de bus

de PCI/PCle separadas, donde N es un número entero positivo mayor que cero.

Una interfaz de ethernet tal como un puerto RJ45 con soporte de múltiples gigabits, incluyendo, pero sin limitación a, 1 Gb, 2,5 Gb, 5 Gb, 10 Gb, etc., puede usarse para conectar módulos de radio de punto a punto o punto a multipunto con un módulo digital/de red. En una realización, una interfaz de ethernet puede usarse cuando la radio de punto a punto o punto a multipunto que necesita conectarse no está incluida en la misma caja con un módulo digital/de red y la separación entre módulo digital/de red y el módulo de punto a punto es mayor de 7-15 centímetros. En algunas realizaciones, la longitud puede ser de 10 metros o más.

En una realización, un módulo digital/de red proporciona capacidad de conexión de hasta 4 radios de punto a punto/punto a multipunto o hasta 3 radios de punto a punto/punto a multipunto y una célula pequeña a través de 4 interfaces de ethernet. En una realización diferente, un módulo digital/de red proporciona capacidad de conexión de hasta N radios de punto a punto/punto a multipunto o hasta $N-1$ radios de punto a punto/punto a multipunto y una célula pequeña a través de N interfaces de ethernet, donde N es un número entero positivo mayor que cero. El módulo digital/de red también contiene una interfaz de SFP/SFP+ o cualquier otra interfaz para conectar módulo digital/de red con red de fibra/red de retorno.

El módulo de radio de punto a multipunto del nodo de comunicación analizado anteriormente es responsable del establecimiento de enlaces bidireccionales basados en onda milimétrica de punto a multipunto para conectar a radios de onda milimétrica homólogas en la red. El módulo de radio

de punto a multipunto que consiste en submódulo de banda base y módulo de RF. El módulo de banda base trata el procesamiento de banda base y, entre otros aspectos, es responsable del procesamiento de banda base relacionado con la formación de haces. El módulo de RF contiene agrupación de antenas en fase que trabaja en conjunto con un módulo de banda base para generar haces de onda milimétrica de punto a multipunto.

El módulo de radio de punto a punto del nodo de comunicación descrito anteriormente es responsable del establecimiento de enlaces bidireccionales basados en onda milimétrica de punto a punto para conectar a una radio de onda milimétrica homóloga en la red. El módulo de radio de punto a punto comprende un submódulo de banda base, módulo de RF y módulo de estrechamiento de haz. El módulo de banda base trata el procesamiento de banda base y, entre otros aspectos, es responsable del procesamiento de banda base relacionado con la formación de haces. El módulo de RF contiene agrupación de antenas en fase que trabaja en conjunto con módulo de banda base para generar haz de onda milimétrica de punto a punto. Un módulo de estrechamiento de haz es responsable del estrechamiento del haz centrando la mayor parte de la energía de señal radiada en la dirección deseada y descendiendo los lóbulos secundarios de antena para minimizar la interferencia en una red de malla.

En una realización, el módulo de estrechamiento de haz puede ser una antena de lente integrada con un módulo de RF. En otra realización, el módulo de estrechamiento de haz puede ser una antena parabólica integrada con un módulo de RF. En otra realización más, el módulo de estrechamiento de haz podría ser un módulo distinto de una antena de lente o parabólica y basarse en

un enfoque diferente para estrechar el haz que se origina desde un módulo de RF basado en agrupación en fase.

Haciendo referencia a la Figura 21, se muestra un diagrama lógico de bloques del módulo de comunicación descrito anteriormente. Como se ha explicado anteriormente, un nodo de radio de onda milimétrica flexible contiene dentro de una carcasa (habitualmente en el exterior) un módulo digital/de red que tiene una unidad de procesamiento de red y está configurado para proporcionar operaciones de conmutación de red entre la interfaz de red de retorno de fibra óptica y los módulos de radio de punto a punto o punto a multipunto conectados o bien a través de interfaz de PCI/PCIe o bien a través de puertos de ethernet de múltiples gigabits. Un módulo de radio de onda milimétrica flexible también contiene dentro de la carcasa 3 radios de punto a punto o punto a multipunto. Para proporcionar flexibilidad de despliegue de red de malla, un nodo también puede conectarse a radios de ptp/ptmp externas a través de puertos de ethernet. Un nodo puede estar alimentado por energía solar o alimentado a través de un enchufe eléctrico de la casa en la que se instala el nodo. La Figura 21 también muestra que este nodo de radio de onda milimétrica flexible puede necesitar únicamente una única unidad de procesamiento de red (NPU) que controla todos los módulos de RF de punto a punto o punto a multipunto conectados o bien a través de una interfaz de PCI/PCIe o bien a través de una interfaz de ethernet de múltiples gigabits. Por lo tanto, este nodo de radio de onda milimétrica flexible de ejemplo elimina la necesidad de usar una NPU especializada para cada módulo de RF de ptp/ptmp.

La Figura 22 muestra un diagrama de bloques de un módulo de radio de ptmp del nodo de comunicación descrito anteriormente. Como se muestra, este módulo de radio contiene un módulo de banda base y un módulo de RF que tiene la agrupación de antenas en fase para proporcionar capacidad de formación de haces.

La Figura 23 muestra un diagrama de bloques del módulo de radio de ptp del nodo de comunicación analizado anteriormente. Este módulo de radio contiene un módulo de banda base, un módulo de RF que tiene la agrupación de antenas en fase para proporcionar capacidad de formación de haces, junto con un módulo de estrechamiento de haz. El módulo de estrechamiento de haz, a base de diversas técnicas analizadas anteriormente, estrecha el haz generado por la agrupación de antenas en fase del módulo de RF.

Haciendo referencia a la Figura 24, se muestran diversos casos de uso diferentes del nodo de comunicación descrito anteriormente y explicado en el contexto de las Figuras 21-23. La Figura 24 muestra una red de malla que comprende 5 nodos de comunicación 3700. Los nodos de comunicación 3700 pueden, cada uno, ser un nodo de comunicación de onda milimétrica flexible que se ha analizado anteriormente.

En el "sitio A" de la red de malla, un nodo de comunicación 3700 puede estar alimentado por energía solar y montado en el poste. Este nodo 3700 en el sitio A puede tener 3 enlaces de ptp generados por 3 módulos de radio de ptp integrados con el módulo digital/de red. En el "sitio B", un nodo de comunicación 3700 puede estar alimentado con un enchufe eléctrico de la casa y puede tener un enlace de ptp a través de un único módulo de radio de ptp integrado y 2 enlaces de ptmp a través de dos módulos de radio de ptmp que

no están integrados con un módulo digital/de red, sino que en su lugar están conectados a través de interfaz de ethernet al nodo de comunicación. De manera similar, en el "sitio C", un nodo de comunicación 3700 puede estar alimentado con un enchufe eléctrico de la casa y puede tener dos enlaces de ptp a través de dos módulos de radio de ptp integrados y un módulo de radio de ptmp integrado con un módulo digital/de red. En el "sitio E", un nodo de comunicación 3700 puede estar alimentado con un enchufe eléctrico de la casa y puede tener dos enlaces de ptp a través de dos módulos de radio de ptp integrados. Además, en el "sitio D", un nodo de comunicación 3700 puede estar alimentado con un enchufe eléctrico de la casa y puede tener dos enlaces de ptp a través de dos módulos de radio de ptp integrados y un módulo de radio de ptmp integrado con el módulo digital/de red.

Debería entenderse que la Figura 24 se describe de tal manera por claridad y explicación y que el ejemplo red de malla descrito en la Figura 24 puede tomar también diversas otras formas. Por ejemplo, el ejemplo red de malla puede incluir más o menos nodos de comunicación, y un nodo de comunicación dado también puede tomar diversas otras formas y puede montarse de diversas otras maneras y/o montarse en diversos otros objetos (por ejemplo, montarse en un pedestal). Además, el ejemplo red de malla puede tener diversas configuraciones diferentes de módulos de ptp o ptmp o bien integrados o bien conectados a través de una interfaz de ethernet y alimentados a través de diversas opciones de alimentación diferentes.

Otro aspecto importante del nodo de comunicación 3700 es que los módulos de radio integrados pueden ser enchufables. En otras palabras, a base de un caso de uso específico, el número y tipos de módulos de radio

integrados con un módulo digital/de red a través de una interfaz de PCI/PCIe puede cambiarse fácilmente enchufando el número deseado y tipo de módulos de radio con total flexibilidad en lugar de tener una configuración específica.

Hasta ahora, la versión modificada del nodo de comunicación analizado
5 anteriormente y también descrito en el contexto de las Figuras 21-24 supone que los módulos de punto a punto o punto a multipunto conectados a un módulo digital/de red con una NPU a través de una interfaz de alta velocidad (por ejemplo, PCI/PCIe/Thunderbolt) también se ubican dentro de una misma carcasa. Debería entenderse que los módulos de punto a punto o punto a
10 multipunto conectados a un módulo digital/de red a través de una interfaz de alta velocidad también pueden ubicarse fuera del módulo digital/de red con la NPU y dentro de una caja/carcasa independiente conectada a través de un cable exterior que soporta el protocolo de comunicación de alta velocidad de PCI/PCIe/Thunderbolt a la carcasa del módulo digital/de red.

15 Como un ejemplo, la Figura 25 representa una versión modificada de una caja de radio de onda milimétrica flexible, en la que los módulos de RF de punto a punto o punto a multipunto se ubican fuera de una carcasa de módulo digital/de red con NPU y dentro de una caja/carcasa separada independiente y conectada a través de un cable alámbrico con capacidad de soportar una
20 interfaz de comunicación de alta velocidad (por ejemplo, interfaz de PCI/PCIe/Thunderbolt). Como se muestra, se conectan 3 módulos punto a punto o punto a multipunto a través de interfaces de PCIe/Thunderbolt al módulo digital/de red con la NPU usando un cable exterior compatible.

En general, debería entenderse que pueden conectarse N número de
25 módulos de punto a punto o punto a multipunto en carcasas separadas

independientes a través de un cable exterior compatible con PCIe/Thunderbolt, donde N es un número entero mayor que cero. También debería entenderse que la longitud del cable exterior compatible con protocolo de comunicación de alta velocidad, tal como PCIe/thunderbolt, depende del límite máximo definido por la tecnología. En una realización, el cable de PCIe/thunderbolt puede ser de hasta 3 metros. En otras realizaciones, la longitud del cable compatible con PCI/PCIe/thunderbolt exterior puede ser menor o mayor de 3 metros.

Realizaciones de ejemplo de las innovaciones desveladas se han descrito anteriormente. Como se indica anteriormente, debería entenderse que las figuras se proporcionan para el fin de ilustración y descripción únicamente y que diversos componentes (por ejemplo, módulos) ilustrados en las figuras anteriores pueden añadirse, eliminarse y/o disponerse en diferentes configuraciones, o utilizarse como una base para modificar y/o diseñar otras configuraciones para efectuar las operaciones de ejemplo desveladas en el presente documento. A este respecto, los expertos en la materia entenderán que pueden hacerse cambios y modificaciones a las realizaciones descritas anteriormente sin alejarse del verdadero ámbito y espíritu de la presente invención, que se definirá mediante las reivindicaciones.

Además, en la medida en que los ejemplos descritos en el presente documento implican operaciones realizadas o iniciadas por actores, tales como humanos, operadores, usuarios u otras entidades, esto es únicamente para fines de ejemplo y explicación. Las reivindicaciones no deberían interpretarse como que requieren una acción por tales actores a no ser que se indique en el texto de las reivindicaciones.