

## **COLOCACIÓN DE FUNCIONES DE RED DE UNIDAD DISTRIBUIDA (DU NF)**

### **EN UNA RED**

#### Campo técnico

La presente divulgación se refiere a las comunicaciones inalámbricas y, en particular, a la colocación de funciones de red en una red donde las funciones de red están asociadas con la agregación de portadoras.

#### Antecedentes

La alianza red de acceso de radio nueva (O-RAN) ha desarrollado y está desarrollando estándares y/o especificaciones O-RAN para sistemas de comunicación inalámbrica que pueden comprender redes móviles basadas en O-RAN. Estos sistemas proporcionan, entre otras características, comunicación de banda ancha entre nodos de red (NN), tales como estaciones base, y dispositivos inalámbricos móviles (WD) o equipos de usuario (UE)), así como comunicación entre nodos de red y entre WD. Los términos WD y UE pueden usarse indistintamente a lo largo de la presente divulgación.

Además, O-RAN incluye tecnología basada en desagregación, virtualización, interfaz abierta, automatización e inteligencia. O-RAN proporciona flexibilidad, escalabilidad, robustez y rentabilidad, pero también genera nuevas posibilidades de ingresos sin precedentes para los operadores de red y los proveedores de servicios de comunicación (CSP). La desagregación en O-RAN hace que las funciones de red (NF) más allá de la unidad de radio (RU) se distribuyan en unidades centralizadas (CU) y unidades distribuidas (DU) basándose en una división funcional de red específica, por ejemplo, como se muestra en la FIG. 1. La virtualización ayuda a que las CU y DU en los nodos de la nube O-RAN (O-Cloud) funcionen de manera eficiente mediante la creación de funciones de red virtualizadas (VNF) o funciones de red en contenedores (CNF).

Actualmente se está estudiando encontrar los mejores nodos O-Cloud para alojar las VNF de cada DU y CU y al mismo tiempo satisfacer la demanda

de retardo de los UE. Por ejemplo, la ubicación de DU-CU consciente de la latencia en las redes basadas en paquetes puede considerarse como tal para formular un problema como un Problema Lineal de Entero Mixto (MILP). Se puede utilizar un algoritmo de aprendizaje de refuerzo profundo (DRL) para el problema de la colocación conjunta de DU y CU y la asociación de RU. Además, se pueden utilizar algoritmos de aprendizaje actor-crítico para minimizar el consumo de energía y al mismo tiempo satisfacer los objetivos de retardo de los usuarios.

Además, se han introducido técnicas de agregación de portadoras (CA) en LTE-advanced y se utilizan en redes móviles inalámbricas 5G, en las que se agregan portadoras de componentes (CC) para mejorar el rendimiento de los WD. En CA, cada WD está asignado a una celda primaria (PCell) y esta PCell siempre está activa para ese WD específico. Sin embargo, las celdas secundarias (SCells) se pueden activar o desactivar durante el tiempo que WD esté conectado a la red. Cada celda tiene su propio control de acceso al medio (MAC) y control de enlace de radio (RLC), mientras que el control de recursos de radio (RRC) y otras capas superiores son las mismas para las diferentes celdas. Dado que las SCells se activan o desactivan dinámicamente para diferentes usuarios, es beneficioso aprovechar los aspectos de desagregación y virtualización de las RAN basadas en la nube, tal como O-RAN, para reducir el coste de los operadores de red.

En las tecnologías de redes de comunicaciones actuales, las NF de las DU de cada CC se ejecutan en un nodo fijo. Si la DU de todas las CC se ejecuta en un nodo de procesamiento, esto genera una larga demora desde la DU hasta los WD. El retardo consiste en propagación, procesamiento, transmisión y programación/puesta en cola. Además, optimizar la ubicación de las CC en las instancias de DU NF y de las instancias de DU NF en los nodos de la nube es una tarea extremadamente compleja y que requiere mucho tiempo.

Sumario

Algunas realizaciones proporcionan de manera ventajosa procedimientos, sistemas y aparatos para la colocación de funciones de red RAN con agregación de portadoras en redes en la nube utilizando procedimientos de aprendizaje automático. En algunas realizaciones, al explotar la técnica de virtualización en una red en la nube, los nodos de red (por ejemplo, nodos de procesamiento óptimos) en la red en la nube pueden determinarse para ejecutar las funciones de red de las DU para diferentes CC.

En algunas otras realizaciones, se utiliza un esquema de aprendizaje de refuerzo profundo (DRL) basado en Red-Q de Aprendizaje (DQN) para minimizar el retardo de extremo a extremo (por ejemplo, de los usuarios) y la cantidad de nodos de red (por ejemplo, nodos O-Cloud) utilizados para colocar las DU NF, al tiempo que se satisface el objetivo de retardo de los usuarios. Es decir, se describe una solución ML para el problema de ubicación de funciones de red DU con agregación de portadoras en O-RAN.

En algunas realizaciones, se utiliza un modelo DRL que minimiza el retardo del tráfico del plano de usuario WD cuando se utiliza la agregación de portadora en una RAN, mientras que al mismo tiempo se minimiza la cantidad de NF DU colocadas de modo que se satisface un retardo WD objetivo. En algunas otras realizaciones, las restricciones incluyen los recursos computacionales de RAN NF (CU, DU y RU) y el ancho de banda del enlace de comunicación entre NF.

En algunas otras realizaciones, se describe un procedimiento y puede incluir uno o más de los siguientes pasos:

- Modelado de una red de comunicación (es decir, red).
- Modelado de un retardo de extremo a extremo (E2E) en la red de comunicación. Los parámetros se pueden obtener a partir de datos reales recopilados en la red (por ejemplo, retardo de E2E WD hoy).

- Incluyendo (por ejemplo, en el modelado) el procesamiento, transmisión, propagación y retardo de puesta en cola que va desde la CU hasta el WD a lo largo de enlace intermedio (MH), IDU (Inter DU) y FH (Enlace Frontal).
- Definición del problema de colocación de la función de red DU centrada en WD con optimización de agregación de portadoras.
- Utilizando una suma ponderada del retardo y la cantidad de nodos de red utilizados (por ejemplo, nodos de nube) para alojar funciones de red DU para las CC.
- Aplicación de la colocación de DU basada en aprendizaje de refuerzo profundo con CA (DUPCA) (por ejemplo, al modelado).
- Utilizando un algoritmo DRL para minimizar la cantidad de DU colocadas y al mismo tiempo satisfacer el objetivo de retardo para cada usuario. Esto se hace eligiendo la ubicación adecuada de DU para cada CC.

Datos de entrada del mundo real de NN (por ejemplo, nodos de nube RAN y NF) y/o restricciones tales como para producir una generación de modelo y una solución a un problema de ubicación tal como un sistema OAM para configurar la instanciación de RAN NF de CC en una red en la nube. El modelo se puede regenerar dinámicamente de forma periódica a medida que los parámetros de entrada y las restricciones cambian con el tiempo.

Una o más realizaciones minimizan el retardo de extremo a extremo desde la CU hasta el WD de extremo en una red (por ejemplo, red en la nube) mientras consideran la cantidad de NN (por ejemplo, nodos en la nube) que se usarán para instanciar las DU NF para las CC. Una o más realizaciones permiten (por ejemplo, determinar) que se creen instancias de una cantidad óptima de DU NF en NN (por ejemplo, nodos O-Cloud) al tiempo que se satisfacen las expectativas de calidad del servicio del usuario final, como el retardo de E2E. Esta optimización también supone un importante ahorro de costes para el operador de red, tal como:

- Automatización de las operaciones de colocación de DU. Tradicionalmente, se trata de una tarea manual que requiere mucha habilidad y mucho tiempo.
- Proporcionar ahorros de energía en la red mediante la optimización de la colocación de las DU.

5

De acuerdo con un aspecto, se describe un procedimiento en un primer nodo de red (NN) configurado para comunicarse con una pluralidad de NN en una red. El procedimiento incluye determinar una o más unidades distribuidas (DU) que serán alojadas por al menos un NN de la pluralidad de NN basándose al menos en un objetivo de retardo asociado al menos con cada dispositivo inalámbrico (WD) de una pluralidad de WD. Cada DU de las una o más DU está asociada con al menos una portadora componente (CC) utilizable por al menos un WD de la pluralidad de WD para comunicarse con una o más NN de la pluralidad de NN. La una o más DU se determinan mediante un procedimiento de aprendizaje. El procedimiento también incluye hacer que el al menos un NN de la pluralidad de NN aloje una DU correspondiente de la una o más DU basándose en la una o más DU determinadas.

10

15

En algunas realizaciones, el procedimiento incluye además realizar un modelado de la red para determinar la una o más DU.

20

En algunas otras realizaciones, el procedimiento incluye además realizar un modelado de un retardo de extremo a extremo en la red basándose en datos recopilados en la red, donde la una o más DU se determinan basándose en modelado del retardo de extremo a extremo.

25

En algunas realizaciones, determinar la una o más DU comprende determinar una colocación de DU en el al menos un NN basándose en parámetros de agregación de portadora.

En algunas otras realizaciones, determinar la una o más DU comprende determinar una suma ponderada de un retardo asociado con datos correspondientes a la pluralidad de WD y una cantidad de NN utilizadas para

alojar la una o más DU. La suma ponderada se determina para la al menos portadora de componente (CC) de una pluralidad de CC.

En algunas realizaciones, la determinación de la una o más DU mediante el procedimiento de aprendizaje comprende una o más de (A) modelar un estado  
5 como una satisfacción de retardo de uno o más usuarios asociados con la pluralidad de WD; (B) determinar una acción asociada con el procedimiento de aprendizaje, donde la acción es la colocación de la una o más DU en el al menos un NN para que el al menos un NN aloje la una o más DU, y la colocación es para una CC correspondiente; y (C) determinar una recompensa asociada con  
10 el procedimiento de aprendizaje, siendo la recompensa la suma ponderada del retardo y la cantidad de NN utilizadas para alojar la una o más DU para la pluralidad de CC.

En algunas otras realizaciones, la una o más DU se determinan además basándose en una o más restricciones, donde la una o más restricciones se  
15 basan en la capacidad de cómputo de la pluralidad de NN, una capacidad de ancho de banda de uno o más enlaces intermedios, uno o más enlaces inter-DU y uno o más enlaces frontales, y el objetivo de retardo.

En algunas realizaciones, la determinación de la una o más DU mediante el procedimiento de aprendizaje comprende la aplicación de la colocación de DU  
20 basada en aprendizaje de refuerzo profundo con agregación de portadoras (DUPCA) para minimizar una cantidad de DU que serán alojadas por el al menos un NN mientras se satisface el objetivo de retardo de cada WD.

En algunas otras realizaciones, el procedimiento incluye además uno o más de (A) recibir un conjunto de datos correspondiente a la pluralidad de WD;  
25 (B) alojar al menos una DU de la una o más DU que corresponde a una primera CC activada de la al menos una CC; (C) uno o ambos de transmitir y recibir señalización asociada con un primer subconjunto del conjunto de datos para comunicarse con al menos un WD a través de un nodo de red de acceso que utiliza la primera CC activada; y (D) reenviar un segundo subconjunto de datos

del conjunto de datos a al menos otra DU de la una o más DU. La al menos otra DU corresponde a una segunda CC activada de la al menos una CC. La segunda CC activada y la primera CC activada son diferentes.

5 En algunas realizaciones, la una o más DU son una o más funciones de red de DU.

De acuerdo con otro aspecto, un primer nodo de red (NN) está configurado para comunicarse con una pluralidad de NN en una red. El primer nodo de red está configurado para determinar una o más unidades distribuidas (DU) que serán alojadas por el al menos un NN de la pluralidad de NN basándose  
10 al menos en un objetivo de retardo asociado al menos con cada dispositivo inalámbrico (WD) de una pluralidad de WD. Cada DU de la una o más DU está asociada con al menos una portadora de componente (CC) utilizable por al menos un WD de la pluralidad de WD para comunicarse con una o más NN de la pluralidad de NN. La una o más DU se determinan mediante un procedimiento  
15 de aprendizaje. El primer NN está configurado para hacer que el al menos un NN de la pluralidad de NN aloje una DU correspondiente de la una o más DU basándose en la una o más DU determinadas.

En algunas realizaciones, el primer NN está configurado además para realizar el modelado de la red para determinar la una o más DU.

20 En algunas otras realizaciones, el primer NN está configurado además para realizar el modelado de un retardo de extremo a extremo en la red basándose en datos recopilados en la red, donde la una o más DU se determinan basándose en modelado del retardo de extremo a extremo.

En algunas realizaciones, determinar la una o más DU comprende  
25 determinar una colocación de DU en el al menos un NN basándose en parámetros de agregación de portadora.

En algunas otras realizaciones, determinar la una o más DU comprende determinar una suma ponderada de un retardo asociado con datos correspondientes a la pluralidad de WD y una cantidad de NN utilizadas para

alojar la una o más DU. La suma ponderada se determina para la al menos portadora de componente (CC) de una pluralidad de CC.

En algunas realizaciones, la determinación de la una o más DU mediante el procedimiento de aprendizaje comprende uno o más de: (A) modelar un estado  
5 como una satisfacción de retardo de uno o más usuarios asociados con la pluralidad de WD; (B) determinar una acción asociada con el procedimiento de aprendizaje, donde la acción es una colocación de la una o más DU en el al menos un NN para que el al menos un NN aloje la una o más DU, y la colocación es para una CC correspondiente; y (C) determinar una recompensa asociada  
10 con el procedimiento de aprendizaje, siendo la recompensa la suma ponderada del retardo y la cantidad de NN utilizadas para alojar la una o más DU para la pluralidad de CC.

En algunas otras realizaciones, la una o más DU se determinan además basándose en una o más restricciones. La una o más restricciones se basan en  
15 la capacidad de cómputo de la pluralidad de NN, una capacidad de ancho de banda de uno o más enlaces intermedios, uno o más enlaces inter-DU y uno o más enlaces frontales, y el objetivo de retardo.

En algunas realizaciones, la determinación de la una o más DU mediante el procedimiento de aprendizaje comprende la aplicación de la ubicación de DU  
20 basada en aprendizaje de refuerzo profundo con agregación de portadoras (DUPCA) para minimizar una cantidad de DU que serán alojadas por el al menos un NN mientras se satisface el objetivo de retardo de cada WD.

En algunas otras realizaciones, el primer nodo de red está configurado para uno o más de: (A) recibir un conjunto de datos correspondiente a la  
25 pluralidad de WD; (B) alojar al menos una DU de la una o más DU que corresponde a una primera CC activada de la al menos una CC; (C) una o ambas de transmisión y recepción de señalización asociada con un primer subconjunto del conjunto de datos para comunicarse con al menos un WD a través de un nodo de red de acceso que utiliza la primera CC activada; y (D) reenviar un

segundo subconjunto de datos del conjunto de datos a al menos otra DU de la una o más DU. La al menos otra DU corresponde a una segunda CC activada de la al menos una CC. La segunda CC activada y la primera CC activada son diferentes.

- 5           En algunas realizaciones, la una o más DU son una o más funciones de red de DU.

#### Breve descripción de los dibujos

- Una comprensión más completa de las presentes realizaciones y las ventajas y características concomitantes de las mismas se comprenderá más  
10   fácilmente mediante referencia a la siguiente descripción detallada cuando se considera junto con los dibujos adjuntos en los que:

La FIG. 1 muestra un sistema O-RAN que incluye una RU, una DU y una CU;

- La FIG. 2 es un diagrama esquemático de una arquitectura de red  
15   ejemplar que ilustra un sistema de comunicación conectado a través de una red intermedia un ordenador anfitrión de acuerdo con los principios de la presente divulgación;

- La FIG. 3 es un diagrama de bloques de un ordenador anfitrión que se comunica a través de un nodo de red con un dispositivo inalámbrico a través de  
20   una conexión al menos parcialmente inalámbrica de acuerdo con algunas realizaciones de la presente divulgación;

- La FIG. 4 es un diagrama de flujo que ilustra procedimientos ejemplares implementados en un sistema de comunicación que incluye un ordenador anfitrión, un nodo de red y un dispositivo inalámbrico para ejecutar una aplicación  
25   cliente en un dispositivo inalámbrico de acuerdo con algunas realizaciones de la presente divulgación;

La FIG. 5 es un diagrama de flujo que ilustra procedimientos ejemplares implementados en un sistema de comunicación que incluye un ordenador anfitrión, un nodo de red y un dispositivo inalámbrico para recibir datos de usuario

en un dispositivo inalámbrico de acuerdo con algunas realizaciones de la presente divulgación;

La FIG. 6 es un diagrama de flujo que ilustra procedimientos ejemplares implementados en un sistema de comunicación que incluye un ordenador  
5 anfitrión, un nodo de red y un dispositivo inalámbrico para recibir datos de usuario desde el dispositivo inalámbrico en un ordenador anfitrión de acuerdo con algunas realizaciones de la presente divulgación;

La FIG. 7 es un diagrama de flujo que ilustra procedimientos ejemplares implementados en un sistema de comunicación que incluye un ordenador  
10 anfitrión, un nodo de red y un dispositivo inalámbrico para recibir datos de usuario en un ordenador anfitrión de acuerdo con algunas realizaciones de la presente divulgación;

La FIG. 8 es un diagrama de bloques que ilustra un entorno de virtualización de ejemplo de acuerdo con algunas realizaciones de la presente  
15 divulgación;

La FIG. 9 es un diagrama de flujo de un procedimiento ejemplar en un nodo de red de acuerdo con algunas realizaciones de la presente divulgación;

La FIG. 10 es un diagrama de flujo de un procedimiento ejemplar en un nodo de red de acuerdo con algunas realizaciones de la presente divulgación;

20 La FIG. 11 muestra una red de ejemplo con CA que incluye una CU, múltiples DU y/o RU que sirven a múltiples WD de acuerdo con algunas realizaciones de la presente divulgación; y

La FIG. 12 muestra un ejemplo de marco de trabajo de gestión y orquestación de servicios (SMO) de acuerdo con algunas realizaciones de la  
25 presente divulgación.

#### Descripción detallada

Antes de describir en detalle las realizaciones ejemplares, se observa que las realizaciones residen principalmente en combinaciones de componentes de aparatos y pasos de procesamiento relacionados con la colocación de funciones

de red con agregación de portadoras en redes en la nube utilizando procedimientos de aprendizaje automático. En consecuencia, los componentes se han representado cuando corresponde mediante símbolos convencionales en los dibujos, mostrando solo aquellos detalles específicos que son pertinentes para comprender las realizaciones a fin de no oscurecer la divulgación con detalles que serán fácilmente evidentes para aquellos con conocimientos ordinarios en la técnica que tengan el beneficio de la descripción contenida en el presente documento. Los números iguales se refieren a elementos iguales a lo largo de la descripción.

Tal como se utilizan en el presente documento, los términos relacionales, tales como “primero” y “segundo”, “superior” y “inferior”, y similares, pueden usarse únicamente para distinguir una entidad o elemento de otra entidad o elemento sin requerir o implicar necesariamente ninguna relación u orden físico o lógico entre dichas entidades o elementos. La terminología utilizada en el presente documento tiene el propósito de describir únicamente realizaciones particulares y no pretende limitar los conceptos descritos en el presente documento. Tal como se utilizan en este documento, las formas singulares “un”, “una” y “el/la” pretenden incluir también las formas plurales, a menos que el contexto indique claramente lo contrario. Se entenderá además que los términos “comprende”, “que comprende”, “incluye” y/o “que incluye” cuando se usan en el presente documento, especifican la presencia de características, números enteros, pasos, operaciones, elementos y/o componentes indicados, pero no excluyen la presencia o adición de una o más características, números enteros, pasos, operaciones, elementos, componentes y/o grupos de los mismos.

En las realizaciones descritas en el presente documento, el término de unión, “en comunicación con” y similares, se puede utilizar para indicar comunicación eléctrica o de datos, que puede lograrse mediante contacto físico, inducción, radiación electromagnética, señalización de radio, señalización infrarroja o señalización óptica, por ejemplo. Cualquier persona con

conocimientos ordinarios en la técnica apreciará que múltiples componentes pueden interoperar y que son posibles modificaciones y variaciones para lograr la comunicación eléctrica y de datos.

En algunas realizaciones descritas en el presente documento, el término  
5 “acoplado”, “conectado” y similares, pueden usarse aquí para indicar una conexión, aunque no necesariamente de manera directa, y pueden incluir conexiones cableadas y/o inalámbricas.

El término “nodo de red” utilizado en el presente documento puede referirse a cualquier tipo de nodo de red comprendido en una red de radio, que  
10 puede incluir además una estación base (BS), una estación base de radio, una estación transceptora base (BTS), un controlador de estación base (BSC), un controlador de red de radio (RNC), un nodo B g (gNB), un nodo B evolucionado (eNB o eNodeB), un nodo de radio de radio multiestándar (MSR), tal como una BS MSR, una entidad de coordinación multicelda/multidifusión (MCE), un nodo  
15 de acceso y retorno integrados (IAB), un nodo de retransmisión, un nodo donante que controla el relé, un punto de acceso de radio (AP), puntos de transmisión, nodos de transmisión, una unidad de radio remota (RRU), una cabeza de radio remota (RRH), un nodo de red central (por ejemplo, una entidad de gestión móvil (MME), un nodo de red autoorganizada (SON), un nodo de coordinación, un nodo  
20 de posicionamiento, un nodo MDT, etc.), un nodo externo (por ejemplo, un nodo de terceros o un nodo externo a la red actual), nodos en un sistema de antena distribuida (DAS), un nodo de sistema de acceso al espectro (SAS), un sistema de gestión de elementos (EMS), un nodo tal como un nodo en la nube (por ejemplo, un nodo O-Cloud), una CU, una DU, una RU, etc. El nodo de red  
25 también puede comprender equipo de prueba. El término “nodo de radio” utilizado en el presente documento también puede usarse para designar un dispositivo inalámbrico (WD), tal como un dispositivo inalámbrico (WD) o un nodo de red de radio.

En algunas realizaciones, los términos no limitativos dispositivo inalámbrico (WD) o equipo de usuario (UE) se utilizan indistintamente. El WD en el presente documento puede ser cualquier tipo de dispositivo inalámbrico capaz de comunicarse con un nodo de red u otro WD a través de señales de radio, tal como un dispositivo inalámbrico (WD). El WD también puede ser un dispositivo de comunicación por radio, un dispositivo de destino, un WD de dispositivo a dispositivo (D2D), un WD de tipo máquina o un WD capaz de comunicación de máquina a máquina (M2M), un WD de bajo coste y/o baja complejidad, un sensor equipado con WD, una tableta, terminales móviles, un teléfono inteligente, un ordenador portátil integrado (LEE), un equipo montado en un ordenador portátil (LME), dongles USB, un equipo local del cliente (CPE), un dispositivo de Internet de las cosas (IoT) o un dispositivo de IoT de banda estrecha (NB-IOT), etc.

Además, en algunas realizaciones se utiliza el término genérico “nodo de red de radio”. Puede ser cualquier tipo de nodo de red de radio que puede incluir cualquier estación base, estación base de radio, estación transceptora base, controlador de estación base, controlador de red, RNC, nodo B evolucionado (eNB), nodo B, gNB, entidad de coordinación multicelda/multidifusión (MCE), nodo IAB, nodo de retransmisión, punto de acceso, punto de acceso de radio, unidad de radio remota (RRU) y cabezal de radio remoto (RRH).

Téngase en cuenta además que las funciones descritas en el presente documento como realizadas por un dispositivo inalámbrico o un nodo de red pueden distribuirse entre una pluralidad de dispositivos inalámbricos y/o nodos de red. En otras palabras, se contempla que las funciones del nodo de red y del dispositivo inalámbrico descritos en el presente documento no están limitadas al desempeño de un solo dispositivo físico y, de hecho, pueden distribuirse entre varios dispositivos físicos.

A menos que se defina lo contrario, todos los términos (incluyendo los términos técnicos y científicos) utilizados en el presente documento tienen el mismo significado que comúnmente entiende una persona con conocimientos

ordinarios en la técnica a la que pertenece esta divulgación. Se entenderá además que los términos utilizados en el presente documento deben interpretarse como si tuvieran un significado que sea consistente con su significado en el contexto de esta especificación y la técnica relevante y no se  
5 interpretarán en un sentido idealizado o excesivamente formal a menos que así se defina expresamente en el presente documento.

Haciendo referencia ahora a las figuras de dibujo, en las que elementos similares se designan con números de referencia similares, se muestra en la FIG. 2 un diagrama esquemático de un sistema 10 de comunicación, de acuerdo con  
10 una realización, tal como una red celular de tipo O-RAN, que comprende una red 12 de acceso, tal como una red de acceso por radio, y una red 14 central. La red 12 de acceso comprende una pluralidad de nodos 16a, 16b, 16c de red (denominados colectivamente como nodos 16 de red), tales como puntos de acceso inalámbricos, cada uno de los cuales define un área 18a, 18b, 18c de  
15 cobertura correspondiente (denominadas colectivamente como áreas 18 de cobertura). Un área 18 de cobertura puede referirse a una celda establecida por un nodo 16 de red. De esta manera una celda puede formar un área 18 de cobertura. Como tal, la celda 18 se utiliza indistintamente en el presente documento con el área 18 de cobertura. Cada nodo 16a, 16b, 16c de red se  
20 puede conectar a la red 14 central (y/o a cualquier otro nodo de red 14 como el nodo 14d de red) a través de una conexión 20 cableada o inalámbrica. Un primer dispositivo inalámbrico (WD) 22a ubicado en el área 18 de cobertura está configurado para conectarse de forma inalámbrica a, o ser localizado por, el nodo 16a de red correspondiente. Un segundo WD 22b en el área 18b de cobertura  
25 se puede conectar de forma inalámbrica al nodo 16b de red correspondiente. Si bien en este ejemplo se ilustran varios WD 22a, 22b (denominados colectivamente dispositivos 22 inalámbricos), las realizaciones divulgadas son igualmente aplicables a una situación en la que un único WD se encuentra en el área de cobertura o en la que un único WD se conecta al nodo 16 de red

correspondiente. Téngase en cuenta que, aunque solo se muestran dos WD 22 y tres nodos 16 de red para mayor comodidad, el sistema de comunicación puede incluir muchos más WD 22 y nodos 16 de red.

Aunque se ha hecho referencia al sistema 10 de comunicación como una  
5 red celular de tipo O-RAN, la presente divulgación no se limita como tal y puede incluir cualquier red celular, tal como una red celular del proyecto de asociación de tercera generación (3GPP). El 3GPP ha desarrollado y está desarrollando estándares para sistemas de comunicación inalámbrica de cuarta generación (4G) (también conocida como evolución a largo plazo (LTE)) y quinta generación  
10 (5G) (también conocida como nueva radio (NR)). El 3GPP también está desarrollando estándares para redes de comunicación inalámbrica de sexta generación (6G). Es decir, el sistema 10 de comunicación puede ser una red celular de tipo 3GPP que puede soportar estándares tales como LTE y/o NR (5G) y/o 6G. Otros sistemas inalámbricos, incluyendo, entre otros, el acceso múltiple  
15 por división de código de banda ancha (WCDMA), la interoperabilidad mundial para acceso por microondas (WiMax), la banda ancha ultra móvil (UMB) y el sistema global para comunicaciones móviles (GSM), también pueden beneficiarse de la explotación de las ideas abarcadas en esta divulgación.

Además, se contempla que un WD 22 pueda estar en comunicación  
20 simultánea y/o configurado para comunicarse por separado con más de un nodo 16 de red y más de un tipo de nodo 16 de red. Por ejemplo, un WD 22 puede tener conectividad dual con un nodo 16 de red que admita LTE y el mismo nodo 16 de red o uno diferente que admita NR. A modo de ejemplo, WD 22 puede estar en comunicación con un eNB para LTE/E-UTRAN y un gNB para NR/NG-  
25 RAN.

El sistema 10 de comunicación puede estar conectado a un ordenador 24 anfitrión, que puede estar incorporado en el hardware y/o software de un servidor independiente, un servidor implementado en la nube, un servidor distribuido o como recursos de procesamiento en una granja de servidores. El ordenador 24

anfitrión puede estar bajo la propiedad o control de un proveedor de servicios, o puede ser operado por el proveedor de servicios o en nombre del proveedor de servicios. Las conexiones 26, 28 entre el sistema 10 de comunicación y el ordenador 24 anfitrión pueden extenderse directamente desde la red 14 central  
5 al ordenador 24 anfitrión o pueden extenderse a través de una red 30 intermedia opcional. La red 30 intermedia puede ser una o una combinación de más de una de las siguientes: red pública, privada o alojada. La red 30 intermedia, si la hay, puede ser una red troncal o Internet. En algunas realizaciones, la red 30 intermedia puede comprender dos o más subredes (no se muestran). Cualquiera  
10 de la red 12 de acceso, la red 14 central y la red 30 intermedia puede ser al menos en parte una red en la nube.

El sistema de comunicación de la FIG. 2 en su conjunto permite la conectividad entre uno de los WD 22a, 22b conectados y el ordenador 24 anfitrión. La conectividad puede describirse como una conexión sobre la parte  
15 superior (OTT). El ordenador 24 anfitrión y los WD 22a, 22b conectados están configurados para comunicar datos y/o señalización a través de la conexión OTT, utilizando la red 12 de acceso, la red 14 central, cualquier red 30 intermedia y posible infraestructura adicional (no mostrada) como intermediarios. La conexión OTT puede ser transparente en el sentido de que al menos algunos de los  
20 dispositivos de comunicación participantes a través de los cuales pasa la conexión OTT desconocen el enrutamiento de las comunicaciones de enlace ascendente y descendente. Por ejemplo, un nodo 16 de red puede no ser informado, o no es necesario, acerca del enrutamiento pasado de una comunicación de enlace descendente entrante con datos originados en un  
25 ordenador 24 anfitrión para ser reenviados (por ejemplo, entregados) a un WD 22a conectado. De manera similar, el nodo 16 de red no necesita estar al tanto del enrutamiento futuro de una comunicación de enlace ascendente saliente que se origina desde el WD 22a hacia el ordenador 24 anfitrión.

Un nodo 16 de red está configurado para incluir una unidad 32 de gestión de NN que está configurada para realizar cualquier paso y/o tarea y/o procedimiento y/o característica descritos en la presente divulgación, por ejemplo, funciones de NN. Un dispositivo 22 inalámbrico está configurado para incluir una unidad 34 de gestión de WD que está configurada para realizar cualquier paso y/o tarea y/o procedimiento y/o característica descritos en la presente divulgación, por ejemplo, funciones de WD.

A continuación, se describirán, de acuerdo con una realización, implementaciones de ejemplo del WD 22, el nodo 16 de red y el ordenador 24 anfitrión discutidas en los párrafos anteriores, con referencia a LA FIG. 2. En un sistema 10 de comunicación, un ordenador 24 anfitrión comprende hardware (HW) 38 que incluye una interfaz 40 de comunicación configurada para establecer y mantener una conexión cableada o inalámbrica con una interfaz de un dispositivo de comunicación diferente del sistema 10 de comunicación. El ordenador 24 anfitrión comprende además un circuito 42 de procesamiento, que puede tener capacidades de almacenamiento y/o procesamiento. El circuito 42 de procesamiento puede incluir un procesador 44 y una memoria 46. En particular, además de o en lugar de un procesador, tal como una unidad central de procesamiento, y memoria, el circuito 42 de procesamiento puede comprender circuitos integrados para procesamiento y/o control, por ejemplo, uno o más procesadores y/o núcleos de procesador y/o FPGAs (matriz de puertas programables en campo) y/o ASICs (circuitos integrados de aplicación específica) adaptados para ejecutar instrucciones. El procesador 44 puede estar configurado para acceder (por ejemplo, escribir en y/o leer desde) la memoria 46, que puede comprender cualquier tipo de memoria volátil y/o no volátil, por ejemplo, memoria caché y/o memoria intermedia y/o RAM (memoria de acceso aleatorio) y/o ROM (memoria de solo lectura) y/o memoria óptica y/o EPROM (memoria de solo lectura programable y borrable).

El circuito 42 de procesamiento puede configurarse para controlar cualquiera de los procedimientos y/o procedimientos descritos en el presente documento y/o para hacer que dichos procedimientos y/o procedimientos se realicen, por ejemplo, mediante el ordenador 24 anfitrión. El procesador 44  
5 corresponde a uno o más procesadores 44 para realizar las funciones del ordenador 24 anfitrión descritas en el presente documento. El ordenador 24 anfitrión incluye una memoria 46 que está configurada para almacenar datos, código de software programático y/u otra información descrita en el presente documento. En algunas realizaciones, el software 48 y/o la aplicación 50  
10 anfitriona pueden incluir instrucciones que, cuando son ejecutadas por el procesador 44 y/o el circuito 42 de procesamiento, hacen que el procesador 44 y/o el circuito 42 de procesamiento realicen los procedimientos descritos en el presente documento con respecto al ordenador 24 anfitrión. Las instrucciones pueden ser software asociado con el ordenador 24 anfitrión.

15 El software 48 puede ser ejecutable por el circuito 42 de procesamiento. El software 48 incluye una aplicación 50 anfitriona. La aplicación 50 anfitriona puede funcionar para proporcionar un servicio a un usuario remoto, tal como un WD 22 que se conecta a través de una conexión 52 OTT que termina en el WD 22 y el ordenador 24 anfitrión. Al proporcionar el servicio al usuario remoto, la  
20 aplicación 50 anfitriona puede proporcionar datos de usuario que se transmiten utilizando la conexión 52 OTT. Los “datos del usuario” pueden ser datos e información descritos en el presente documento como implementadores de la funcionalidad descrita. En una realización, el ordenador 24 anfitrión puede estar configurado para proporcionar control y funcionalidad a un proveedor de  
25 servicios y puede ser operado por el proveedor de servicios o en nombre del proveedor de servicios. El circuito 42 de procesamiento del ordenador 24 anfitrión puede permitir que el ordenador 24 anfitrión observe, monitorice, controle, transmita y/o reciba desde el nodo 16 de red y/o el dispositivo 22 inalámbrico. El circuito 42 de procesamiento del ordenador 24 anfitrión puede

incluir una unidad 54 de gestión de anfitrión configurada para permitir que el proveedor de servicios observe/monitorice/controle/transmita a/reciba desde el nodo 16 de red y/o el dispositivo 22 inalámbrico.

El sistema 10 de comunicación incluye además un nodo 16 de red  
5 dispuesto en un sistema 10 de comunicación y que incluye hardware 58 que le permite comunicarse con el ordenador 24 anfitrión y con el WD 22. El hardware 58 puede incluir una interfaz 60 de comunicación para configurar y mantener una conexión cableada o inalámbrica con una interfaz de un dispositivo de comunicación diferente del sistema 10 de comunicación, así como una interfaz  
10 62 de radio para configurar y mantener al menos una conexión 64 inalámbrica con un WD 22 ubicado en un área 18 de cobertura servida por el nodo 16 de red. La interfaz 62 de radio puede estar formada como o puede incluir, por ejemplo, uno o más transmisores de RF, uno o más receptores de RF y/o uno o más transceptores de RF. La interfaz 60 de comunicación puede configurarse para  
15 facilitar una conexión 66 al ordenador 24 anfitrión. La conexión 66 puede ser directa o puede pasar a través de una red 14 central del sistema 10 de comunicación y/o a través de una o más redes 30 intermedias fuera del sistema 10 de comunicación.

En la realización mostrada, el hardware 58 del nodo 16 de red incluye  
20 además un circuito 68 de procesamiento. El circuito 68 de procesamiento puede incluir un procesador 70 y una memoria 72. En particular, además de o en lugar de un procesador, tal como una unidad central de procesamiento, y memoria, el circuito 68 de procesamiento puede comprender circuitos integrados para procesamiento y/o control, por ejemplo, uno o más procesadores y/o núcleos de  
25 procesador y/o FPGAs (matriz de puertas programables en campo) y/o ASICs (circuitos integrados de aplicación específica) adaptados para ejecutar instrucciones. El procesador 70 puede estar configurado para acceder (por ejemplo, escribir y/o leer desde) la memoria 72, que puede comprender cualquier tipo de memoria volátil y/o no volátil, por ejemplo, caché y/o memoria intermedia

y/o RAM (memoria de acceso aleatorio) y/o ROM (memoria de solo lectura) y/o memoria óptica y/o EPROM (memoria de solo lectura programable y borrrable).

De este modo, el nodo 16 de red tiene además un software 74 almacenado internamente, por ejemplo, en la memoria 72, o almacenado en una memoria externa (por ejemplo, base de datos, matriz de almacenamiento, dispositivo de almacenamiento de red, etc.) accesible por el nodo 16 de red a través de una conexión externa. El software 74 puede incluir una o más aplicaciones de software, tales como aplicaciones de software asociadas con O-RAN y/o que confirmen con las especificaciones de O-RAN. En algunas realizaciones, la aplicación de software puede ser al menos una rApp. El término rApp puede referirse a una aplicación de software configurada para ejecutarse en el controlador inteligente RAN en tiempo no real (RIC no RT) (por ejemplo, el circuito 68 de procesamiento y/o el procesador 70) para realizar diferentes funciones, tal como la gestión y optimización de RAN. El software 74 también puede incluir servicios configurados para habilitar y/o proporcionar y/o realizar funciones para aplicaciones de software tales como rApps. El software 74 también puede incluir un marco de trabajo tal como una colección de componentes de software reutilizables que pueden usarse para desarrollar y ejecutar aplicaciones de software. Un ejemplo de un marco de trabajo es un marco de trabajo RIC no RT.

El software 74 puede ser ejecutable por el circuito 68 de procesamiento. El circuito 68 de procesamiento puede configurarse para controlar cualquiera de los procedimientos y/o procedimientos descritos en este documento y/o para hacer que dichos procedimientos y/o procedimientos se realicen, por ejemplo, por el nodo 16 de red. El procesador 70 corresponde a uno o más procesadores 70 para realizar las funciones del nodo 16 de red descritas en el presente documento. La memoria 72 está configurada para almacenar datos, código de software programático y/u otra información descrita en el presente documento. En algunas realizaciones, el software 74 puede incluir instrucciones que, cuando

son ejecutadas por el procesador 70 y/o el circuito 68 de procesamiento, hacen que el procesador 70 y/o el circuito 68 de procesamiento realicen los procedimientos descritos en el presente documento con respecto al nodo 16 de red. Por ejemplo, el circuito 68 de procesamiento del nodo 16 de red puede incluir una unidad 32 de gestión de NN que está configurada para realizar cualquier paso y/o tarea y/o procedimiento y/o procedimiento y/o característica descritos en la presente divulgación, por ejemplo, funciones de NN. Además, el circuito 68 de procesamiento del nodo 16 de red puede incluir CU 100, DU 102 y/o RU 104. La CU 100 puede configurarse para realizar funciones de unidad centralizada, la DU 102 puede configurarse para realizar funciones de unidad distribuida, incluyendo funciones de red de unidad distribuida, y la RU 104 puede configurarse para realizar funciones de unidad de radio, tal como en una red O-RAN y/o 3GPP. DU 102 puede referirse a una función de red DU (DU NF), por ejemplo, donde DU 102 es una DU NF, realiza una función de red (DU NF) y/o comprende una DU NF.

El sistema 10 de comunicación incluye además el WD 22 ya mencionado. El WD 22 puede tener hardware 80 que puede incluir una interfaz 82 de radio configurada para establecer y mantener una conexión 64 inalámbrica con un nodo 16 de red que sirve a un área 18 de cobertura en la que se encuentra actualmente el WD 22. La interfaz 82 de radio puede estar formada como o puede incluir, por ejemplo, uno o más transmisores de RF, uno o más receptores de RF y/o uno o más transceptores de RF.

El hardware 80 del WD 22 incluye además un circuito 84 de procesamiento. El circuito 84 de procesamiento puede incluir un procesador 86 y una memoria 88. En particular, además de o en lugar de un procesador, tal como una unidad central de procesamiento, y memoria, el circuito 84 de procesamiento puede comprender circuitos integrados para procesamiento y/o control, por ejemplo, uno o más procesadores y/o núcleos de procesador y/o FPGAs (matriz de puertas programables en campo) y/o ASICs (circuitos

integrados de aplicación específica) adaptados para ejecutar instrucciones. El procesador 86 puede estar configurado para acceder (por ejemplo, escribir en y/o leer desde) la memoria 88, que puede comprender cualquier tipo de memoria volátil y/o no volátil, por ejemplo, memoria caché y/o memoria intermedia y/o RAM (memoria de acceso aleatorio) y/o ROM (memoria de solo lectura) y/o memoria óptica y/o EPROM (memoria de solo lectura programable y borrable).

De este modo, el WD 22 puede comprender además un software 90, que se almacena, por ejemplo, en la memoria 88 del WD 22, o se almacena en una memoria externa (por ejemplo, base de datos, matriz de almacenamiento, dispositivo de almacenamiento de red, etc.) accesible por el WD 22. El software 90 puede ser ejecutable por el circuito 84 de procesamiento. El software 90 puede incluir una aplicación 92 cliente. La aplicación 92 cliente puede funcionar para proporcionar un servicio a un usuario humano o no humano a través del WD 22, con el apoyo del ordenador 24 anfitrión. En el ordenador 24 anfitrión, una aplicación 50 anfitriona en ejecución puede comunicarse con la aplicación 92 cliente en ejecución a través de la conexión 52 OTT que termina en el WD 22 y el ordenador 24 anfitrión. Al proporcionar el servicio al usuario, la aplicación 92 cliente puede recibir datos de solicitud de la aplicación 50 anfitriona y proporcionar datos de usuario en respuesta a los datos de solicitud. La conexión 52 OTT puede transferir tanto los datos de la solicitud como los datos del usuario. La aplicación 92 cliente puede interactuar con el usuario para generar los datos de usuario que proporciona.

El circuito 84 de procesamiento puede configurarse para controlar cualquiera de los procedimientos y/o procedimientos descritos en el presente documento y/o para hacer que dichos procedimientos y/o procedimientos se realicen, por ejemplo, por WD 22. El procesador 86 corresponde a uno o más procesadores 86 para realizar las funciones WD 22 descritas en el presente documento. El WD 22 incluye una memoria 88 que está configurada para almacenar datos, código de software programático y/u otra información descrita

en el presente documento. En algunas realizaciones, el software 90 y/o la aplicación 92 cliente pueden incluir instrucciones que, cuando son ejecutadas por el procesador 86 y/o el circuito 84 de procesamiento, hacen que el procesador 86 y/o el circuito 84 de procesamiento realicen los procedimientos descritos en el presente documento con respecto a WD 22. Por ejemplo, el  
5    circuito 84 de procesamiento del dispositivo 22 inalámbrico puede incluir una unidad 34 de gestión de WD que está configurada para realizar cualquier paso y/o tarea y/o procedimiento y/o característica descritos en la presente divulgación, por ejemplo, funciones de WD. En algunas realizaciones,  
10   el funcionamiento interno del nodo 16 de red, WD 22 y el ordenador 24 anfitrión puede ser como se muestra en la FIG. 3 y de forma independiente, la topología de red circundante puede ser la de la FIG. 2.

En la FIG. 3, la conexión 52 OTT se ha dibujado de forma abstracta para ilustrar la comunicación entre el ordenador 24 anfitrión y el dispositivo 22  
15    inalámbrico a través del nodo 16 de red, sin referencia explícita a ningún dispositivo intermediario y al enrutamiento preciso de mensajes a través de estos dispositivos. La infraestructura de red puede determinar el enrutamiento, que puede estar configurado para ocultarse del WD 22 o del proveedor de servicios que opera el ordenador 24 anfitrión, o de ambos. Mientras la conexión 52 OTT  
20    está activa, la infraestructura de red puede tomar decisiones adicionales mediante las cuales cambia dinámicamente el enrutamiento (por ejemplo, basándose en la consideración del equilibrio de carga o la reconfiguración de la red).

La conexión 64 inalámbrica entre el WD 22 y el nodo 16 de red está de  
25    acuerdo con las enseñanzas de las realizaciones descritas a lo largo de esta divulgación. Una o más de las diversas realizaciones mejoran el rendimiento de los servicios OTT proporcionados al WD 22 utilizando la conexión 52 OTT, en la que la conexión 64 inalámbrica puede formar el último segmento. Más precisamente, las enseñanzas de algunas de estas realizaciones pueden

mejorar la velocidad de datos, la latencia y/o el consumo de potencia y, por lo tanto, proporcionar beneficios tales como menor tiempo de espera del usuario, restricción relajada en el tamaño de archivo, mejor capacidad de respuesta, mayor vida útil de la batería, etc.

5           En algunas realizaciones, se puede proporcionar un procedimiento de medición con el propósito de monitorizar la velocidad de datos, la latencia y otros factores en los que la una o más realizaciones mejoran. Además, puede haber una funcionalidad de red opcional para reconfigurar la conexión 52 OTT entre el ordenador 24 anfitrión y WD 22, en respuesta a variaciones en los resultados de  
10 la medición. El procedimiento de medición y/o la funcionalidad de red para reconfigurar la conexión 52 OTT pueden implementarse en el software 48 del ordenador 24 anfitrión o en el software 90 del WD 22, o en ambos. En algunas realizaciones, se pueden implementar sensores (no mostrados) en o en asociación con dispositivos de comunicación a través de los cuales pasa la  
15 conexión 52 OTT; los sensores pueden participar en el procedimiento de medición suministrando valores de las cantidades monitorizadas ejemplificadas anteriormente, o suministrando valores de otras cantidades físicas a partir de las cuales el software 48, 90 puede calcular o estimar las cantidades monitorizadas. La reconfiguración de la conexión 52 OTT puede incluir el formato del mensaje,  
20 las configuraciones de retransmisión, el enrutamiento preferido, etc.; la reconfiguración no necesita afectar al nodo 16 de red, y puede desconocerse o imperceptible para el nodo 16 de red. Algunos de estos procedimientos y funcionalidades pueden ser conocidos y practicados en la técnica. En ciertas realizaciones, las mediciones pueden implicar señalización WD propietaria que  
25 facilita las 24 mediciones del ordenador anfitrión en cuanto a rendimiento, tiempos de propagación, latencia y similares. En algunas realizaciones, las mediciones pueden implementarse de manera que el software 48, 90 haga que se transmitan mensajes, en particular mensajes vacíos o "ficticios", utilizando la conexión 52 OTT mientras monitoriza los tiempos de propagación, errores, etc.

Así, en algunas realizaciones, el ordenador 24 anfitrión incluye un circuito 42 de procesamiento configurado para proporcionar datos de usuario y una interfaz 40 de comunicación que está configurada para enviar los datos de usuario a una red celular para su transmisión al WD 22. En algunas realizaciones, la red celular también incluye el nodo 16 de red con una interfaz 62 de radio. En algunas realizaciones, el nodo 16 de red está configurado para, y/o el circuito 68 de procesamiento del nodo 16 de red está configurado para realizar las funciones y/o los procedimientos descritos en el presente documento para preparar/iniciar/mantener/soportar/finalizar una transmisión al WD 22, y/o preparar/terminar/mantener/soportar/finalizar la recepción de una transmisión desde el WD 22.

En algunas realizaciones, el ordenador 24 anfitrión incluye un circuito 42 de procesamiento y una interfaz 40 de comunicación que está configurada para recibir datos de usuario que se originan a partir de una transmisión desde un WD 22 a un nodo 16 de red. En algunas realizaciones, el WD 22 está configurado para, y/o comprende, una interfaz 82 de radio y/o un circuito 84 de procesamiento configurado para realizar las funciones y/o procedimientos descritos en el presente documento para preparar/iniciar/mantener/soportar/finalizar una transmisión al nodo 16 de red, y/o preparar/terminar/mantener/soportar/finalizar la recepción de una transmisión desde el nodo 16 de red.

Aunque las FIGS. 2 y 3 muestran diversas "unidades", tales como la unidad 32 de gestión de NN y la unidad 34 de gestión de WD, como estando dentro de un procesador respectivo, se contempla que estas unidades pueden implementarse de tal manera que una parte de la unidad se almacene en una memoria correspondiente dentro del circuito de procesamiento. En otras palabras, las unidades pueden implementarse en hardware o en una combinación de hardware y software dentro del circuito de procesamiento.

La FIG. 4 es un diagrama de flujo que ilustra un procedimiento ejemplar implementado en un sistema de comunicación, tal como, por ejemplo, el sistema

de comunicación de las FIGS. 2 y 3, de acuerdo con una realización. El sistema de comunicación puede incluir un ordenador 24 anfitrión, un nodo 16 de red y un WD 22, que pueden ser los descritos con referencia a la FIG. 3. En un primer paso del procedimiento, el ordenador 24 anfitrión proporciona datos del usuario (Bloque S100). En un subpaso opcional del primer paso, el ordenador 24 anfitrión proporciona los datos del usuario ejecutando una aplicación anfitriona, tal como, por ejemplo, la aplicación 50 anfitriona (Bloque S102). En un segundo paso, el ordenador 24 anfitrión inicia una transmisión que lleva los datos del usuario al WD 22 (Bloque S104). En un tercer paso opcional, el nodo 16 de red transmite al WD 22 los datos de usuario que se transportaron en la transmisión que inició el ordenador 24 anfitrión, de acuerdo con las enseñanzas de las realizaciones descritas a lo largo de esta divulgación (Bloque S106). En un cuarto paso opcional, el WD 22 ejecuta una aplicación cliente, tal como, por ejemplo, la aplicación 92 cliente, asociada con la aplicación 50 anfitriona ejecutada por el ordenador 24 anfitrión (Bloque S108).

La FIG. 5 es un diagrama de flujo que ilustra un procedimiento ejemplar implementado en un sistema de comunicación, tal como, por ejemplo, el sistema de comunicación de las FIG. 2, de acuerdo con una realización. El sistema de comunicación puede incluir un ordenador 24 anfitrión, un nodo 16 de red y un WD 22, que pueden ser los descritos con referencia a la FIGS. 2 y 3. En un primer paso del procedimiento, el ordenador 24 anfitrión proporciona datos del usuario (Bloque S110). En un subpaso opcional (no mostrado) el ordenador 24 anfitrión proporciona los datos del usuario ejecutando una aplicación anfitriona, tal como, por ejemplo, la aplicación 50 anfitriona. En un segundo paso, el ordenador 24 anfitrión inicia una transmisión que lleva los datos del usuario al WD 22 (Bloque S112). La transmisión puede pasar a través del nodo 16 de red, de acuerdo con las enseñanzas de las realizaciones descritas a lo largo de esta divulgación. En un tercer paso opcional, el WD 22 recibe los datos del usuario transportados en la transmisión (Bloque S114).

La FIG. 6 es un diagrama de flujo que ilustra un procedimiento ejemplar implementado en un sistema de comunicación, tal como, por ejemplo, el sistema de comunicación de las FIG. 2, de acuerdo con una realización. El sistema de comunicación puede incluir un ordenador 24 anfitrión, un nodo 16 de red y un WD 22, que pueden ser los descritos con referencia a la FIGS. 2 y 3. En un primer paso opcional del procedimiento, el WD 22 recibe datos de entrada proporcionados por el ordenador 24 anfitrión (Bloque S116). En un subpaso opcional del primer paso, el WD 22 ejecuta la aplicación 92 cliente, que proporciona los datos de usuario en reacción a los datos de entrada recibidos proporcionados por el ordenador 24 anfitrión (Bloque S118). Adicionalmente o alternativamente, en un segundo paso opcional, el WD 22 proporciona datos del usuario (Bloque S120). En un subpaso opcional del segundo paso, el WD proporciona los datos del usuario ejecutando una aplicación cliente, tal como, por ejemplo, la aplicación 92 cliente (Bloque S122). Al proporcionar los datos del usuario, la aplicación 92 cliente ejecutada puede considerar además la entrada del usuario recibida del usuario. Independientemente de la manera específica en que se proporcionaron los datos del usuario, el WD 22 puede iniciar, en un tercer subpaso opcional, la transmisión de los datos del usuario a el ordenador 24 anfitrión (Bloque S124). En un cuarto paso del procedimiento, el ordenador 24 anfitrión recibe los datos de usuario transmitidos desde el WD 22, de acuerdo con las enseñanzas de las realizaciones descritas a lo largo de esta divulgación (Bloque S126).

La FIG. 7 es un diagrama de flujo que ilustra un procedimiento ejemplar implementado en un sistema de comunicación, tal como, por ejemplo, el sistema de comunicación de las FIG. 2, de acuerdo con una realización. El sistema de comunicación puede incluir un ordenador 24 anfitrión, un nodo 16 de red y un WD 22, que pueden ser los descritos con referencia a la FIGS. 2 y 3. En un primer paso opcional del procedimiento, de acuerdo con las enseñanzas de las realizaciones descritas a lo largo de esta divulgación, el nodo 16 de red recibe

datos de usuario del WD 22 (Bloque S128). En un segundo paso opcional, el nodo 16 de red inicia la transmisión de los datos de usuario recibidos al ordenador 24 anfitrión (Bloque S130). En un tercer paso, el ordenador 24 anfitrión recibe los datos de usuario transportados en la transmisión iniciada por el nodo 16 de red (Bloque S132).

La FIG. 8 es un diagrama de bloques que ilustra un entorno 200 de virtualización en el que las funciones implementadas por algunas realizaciones pueden virtualizarse. En el presente contexto, virtualizar significa crear versiones virtuales de aparatos o dispositivos que pueden incluir plataformas de hardware, dispositivos de almacenamiento y recursos de red. Tal como se utiliza en el presente documento, la virtualización se puede aplicar a cualquier dispositivo descrito en el presente documento, o a sus componentes, y se relaciona con una implementación en la que al menos una porción de la funcionalidad se implementa como uno o más componentes virtuales. Algunas o todas las funciones descritas en el presente documento pueden implementarse como componentes virtuales ejecutados por una o más máquinas virtuales (VM) implementadas en uno o más entornos 200 virtuales alojados por uno o más nodos de hardware, tal como un dispositivo informático de hardware que funciona como un nodo de red, WD, nodo de red central o anfitriona. Además, en realizaciones en las que el nodo virtual no requiere conectividad de radio (por ejemplo, un nodo de red central o un anfitrión), entonces el nodo puede estar completamente virtualizado.

Las aplicaciones 202 (que alternativamente pueden denominarse instancias de software, dispositivos virtuales, funciones de red, nodos virtuales, funciones de red virtual, etc.) se ejecutan en el entorno 200 de virtualización para implementar algunas de las características, funciones y/o beneficios de algunas de las realizaciones divulgadas en el presente documento.

El hardware 204 incluye circuitos de procesamiento, memoria que almacena software y/o instrucciones ejecutables por circuitos de procesamiento

de hardware y/u otros dispositivos de hardware como se describe en el presente documento, tal como una interfaz de red, una interfaz de entrada/salida, etcétera. El circuito de procesamiento puede ejecutar software para instanciar una o más capas 206 de virtualización (también denominadas hipervisores o monitores de máquinas virtuales (VMM)), proporcionar las VM 208a y 208b (una o más de las cuales pueden denominarse generalmente las VM 208) y/o realizar cualquiera de las funciones, características y/o beneficios descritos en relación con algunas realizaciones descritas en el presente documento. La capa 206 de virtualización puede presentar una plataforma operativa virtual que aparece como hardware de red para las VM.

Las VM 208 comprenden procesamiento virtual, memoria virtual, red o interfaz virtual y almacenamiento virtual, y pueden ser ejecutadas por una capa 206 de virtualización correspondiente. Se pueden implementar diferentes realizaciones de la instancia de un dispositivo 202 virtual en una o más de las VM 208, y las implementaciones se pueden realizar de diferentes maneras. En algunos contextos, la virtualización del hardware se denomina virtualización de funciones de red (NFV). NFV se puede utilizar para consolidar muchos tipos de equipos de red en hardware de servidor de gran volumen, conmutadores físicos y almacenamiento físico estándar de la industria, que pueden ubicarse en centros de datos y equipos en las instalaciones del cliente.

En el contexto de NFV, una VM 208 puede ser una implementación de software de una máquina física que ejecuta programas como si se estuvieran ejecutando en una máquina física no virtualizada. Cada una de las VM 208, y aquella parte del hardware 204 que ejecuta esa VM, ya sea hardware dedicado a esa VM y/o hardware compartido por esa VM con otras VM, forma elementos de red virtuales separados. Aún en el contexto de NFV, una función de red virtual es responsable de manejar funciones de red específicas que se ejecutan en una o más VM 208 sobre el hardware 204 y corresponde a la aplicación 202.

El hardware 204 se puede implementar en un nodo de red independiente

con componentes genéricos o específicos. El hardware 204 puede implementar algunas funciones a través de la virtualización. Como alternativa, el hardware 204 puede ser parte de un clúster más grande de hardware (por ejemplo, tal como en un centro de datos o CPE) donde muchos nodos de hardware trabajan  
5 juntos y se administran a través de la administración y orquestación 210, que, entre otros, supervisa la administración del ciclo de vida de las aplicaciones 202. En algunas realizaciones, el hardware 204 está acoplado a una o más unidades de radio, cada una de las cuales incluye uno o más transmisores y uno o más receptores que pueden estar acoplados a una o más antenas. Las unidades de  
10 radio pueden comunicarse directamente con otros nodos de hardware a través de una o más interfaces de red apropiadas y pueden usarse en combinación con los componentes virtuales para proporcionar un nodo virtual con capacidades de radio, tal como un nodo de acceso por radio o una estación base. En algunas realizaciones, se puede proporcionar cierta señalización con el uso de un  
15 sistema 212 de control que puede usarse alternativamente para la comunicación entre nodos de hardware y unidades de radio.

La FIG. 9 es un diagrama de flujo de un procedimiento ejemplar en un nodo 16 de red. Uno o más bloques descritos en el presente documento pueden ser realizados por uno o más elementos del nodo 16 de red, tal como por uno o  
20 más de los circuitos 68 de procesamiento (incluyendo la unidad 32 de gestión NN), el procesador 70, la interfaz 62 de radio y/o la interfaz 60 de comunicación. El nodo 16 de red, tal como a través del circuito 68 de procesamiento y/o el procesador 70 y/o la interfaz 62 de radio y/o la interfaz 60 de comunicación, está configurado para determinar (bloque S134) una pluralidad  
25 de funciones de red de unidades distribuidas (DU NF) (es decir, DU 102) que serán alojadas por un grupo de NN 16 de la pluralidad de NN 16 basándose en un objetivo de retardo de cada dispositivo inalámbrico (WD) 22 de una pluralidad de WD 22, donde cada DU NF está asociada con al menos una portadora componente utilizable por al menos un WD 22, la pluralidad de DU NF se

determina utilizando un procedimiento de aprendizaje, y desencadena (bloque S136) cada NN 16 del grupo de NN 16 para alojar una DU NF correspondiente de la pluralidad de DU NF.

En algunas realizaciones, el procedimiento comprende además realizar  
5 un modelado de la red y realizar un modelado del retardo de extremo a extremo en la red basándose en datos recopilados en la red para determinar la pluralidad de DU NF. En una o más realizaciones, el retardo de extremo a extremo se refiere al tiempo que transcurre desde la transmisión de un paquete o señalización de un componente del sistema 10 hasta la recepción (y/o procesamiento) del paquete o señalización por otro componente. Por ejemplo, el retardo de extremo a extremo puede ser el tiempo que transcurre entre la transmisión de una señal por parte de la CU 100 (o DU 102) hasta que la señal es recibida por un WD 22. De manera similar, el retardo de extremo a extremo puede ser el tiempo que transcurre entre la transmisión de una señal por WD 22  
15 hasta que la señal es recibida por una CU 100 (o DU 102). Además, el retardo de extremo a extremo puede referirse al tiempo que transcurre desde la transmisión de un paquete o señalización de un segmento de una red hasta su recepción por otro segmento de la red.

En algunas otras realizaciones, determinar la pluralidad de DU 102  
20 comprende determinar una colocación de DU NF centrada en WD con base en parámetros de agregación de portadora y realizar una suma ponderada de un retardo y una cantidad de NN 16 utilizadas para alojar DU NF para una pluralidad de portadoras de componentes.

En algunas realizaciones, determinar la pluralidad de DU NF mediante el  
25 procedimiento de aprendizaje comprende uno o más de modelar un estado como una satisfacción de retardo de los usuarios, determinar una acción, donde la acción es una colocación de al menos una DU NF para la al menos una portadora componente en la red, y determinar una recompensa. La recompensa es la suma ponderada del retardo y la cantidad de NN utilizadas para alojar DU NF para la

pluralidad de portadoras componentes y la satisfacción de una o más restricciones. La una o más restricciones se basan en la capacidad de cálculo de la pluralidad de NN, una capacidad de ancho de banda de enlace intermedio, inter-DU y frontal, y el objetivo de retardo.

5           En algunas otras realizaciones, determinar la pluralidad de DU NF mediante el procedimiento de aprendizaje comprende aplicar la colocación de DU basada en aprendizaje de refuerzo profundo con agregación de portadoras (DUPCA) para minimizar una cantidad de DU NF que serán alojados por el grupo de NN 16 mientras se satisface el objetivo de retardo de cada WD 22.

10           La FIG. 10 es un diagrama de flujo de un procedimiento ejemplar en un nodo 16 de red. Uno o más bloques descritos en el presente documento pueden ser realizados por uno o más elementos del nodo 16 de red, tal como por uno o más de los circuitos 68 de procesamiento (incluyendo la unidad 32 de gestión NN), el procesador 70, la interfaz 62 de radio y/o la interfaz 60 de comunicación. El nodo 16 de red, tal como a través del circuito 68 de procesamiento y/o el procesador 70 y/o la interfaz 62 de radio y/o la interfaz 60 de comunicación, está configurado para determinar (bloque S138) una o más unidades distribuidas (DU) 102 que serán alojadas por al menos un NN 16 de la pluralidad de NN 16 basándose al menos en un objetivo de retardo asociado al menos con cada dispositivo inalámbrico (WD) 22 de una pluralidad de WD 22. Cada DU 102 de las una o más DU 102 está asociada con al menos una portadora componente (CC) 302 utilizable por al menos un WD 22 de la pluralidad de WD 22 para comunicarse con uno o más NN 16 de la pluralidad de NN 16. La una o más DU 102 se determinan mediante un procedimiento de aprendizaje. El nodo 16 de red está configurado además para hacer que (Bloque S140) el al menos un NN 16 de la pluralidad de NN 16 aloje una DU 102 correspondiente de la una o más DU 102 basándose en la una o más DU 102 determinadas.

En algunas realizaciones, el procedimiento incluye además realizar un

modelado de la red para determinar la una o más DU 102.

En algunas otras realizaciones, el procedimiento incluye además realizar un modelado de un retardo de extremo a extremo en la red basándose en datos recopilados en la red, donde la una o más DU 102 se determinan basándose en  
5 modelado del retardo de extremo a extremo.

En algunas realizaciones, determinar la una o más DU 102 comprende determinar una ubicación de DU en el al menos un NN 16 basándose en parámetros de agregación de portadora.

En algunas otras realizaciones, determinar la una o más DU 102  
10 comprende determinar una suma ponderada de un retardo asociado con datos correspondientes a la pluralidad de WD 22 y un número de NN 16 utilizados para alojar la una o más DU 102. La suma ponderada se determina para la al menos portadora componente (CC) 302 de una pluralidad de CC 302.

En algunas realizaciones, la determinación de la una o más DU 102  
15 mediante el procedimiento de aprendizaje comprende una o más de (A) modelar un estado como satisfacción de retardo de uno o más usuarios asociados con la pluralidad de WD 22; (B) determinar una acción asociada con el procedimiento de aprendizaje, donde la acción es la colocación de la una o más DU 102 en el al menos un NN 16 para que el al menos un NN 16 aloje la una o más DU 102,  
20 y la colocación es para una CC 302 correspondiente; y (C) determinar una recompensa asociada con el procedimiento de aprendizaje, siendo la recompensa la suma ponderada del retardo y la cantidad de NN 16 utilizadas para alojar la una o más DU 102 para la pluralidad de CC 302.

En algunas otras realizaciones, las una o más DU 102 se determinan  
25 además basándose en una o más restricciones, donde la una o más restricciones se basan en la capacidad de cómputo de la pluralidad de NN 16, una capacidad de ancho de banda de uno o más enlaces intermedios, uno o más enlaces inter-DU y uno o más enlaces frontales, y el objetivo de retardo.

En algunas realizaciones, la determinación de la una o más DU 102

utilizando el procedimiento de aprendizaje comprende la aplicación de la colocación de DU basada en aprendizaje de refuerzo profundo con agregación de portadoras (DUPCA) para minimizar una cantidad de DU 102 que será alojada por el al menos un NN 16 mientras se satisface el objetivo de retardo de cada

5 WD 22.

En algunas otras realizaciones, el procedimiento incluye además uno o más de (A) recibir un conjunto de datos correspondiente a la pluralidad de WD 22; (B) alojar al menos una DU 102 de la una o más DU 102 que corresponde a un primer CC 302 activado de la al menos una CC 302; (C) uno o ambos de

10 transmitir y recibir señalización asociada con un primer subconjunto del conjunto de datos para comunicarse con al menos un WD 22 a través de un nodo de red de acceso que utiliza la primera CC 302 activada; y (D) reenviar un segundo subconjunto de datos del conjunto de datos a al menos otra DU 102 de la una o más DU 102. La al menos otra DU 102 corresponde a una segunda CC 302

15 activada de la al menos una CC 302. La segunda CC 302 activada y la primera CC 302 activada son diferentes.

En algunas realizaciones, la una o más DU 102 son una o más funciones de red de DU.

Después de haber descrito el flujo general del procedimiento de los arreglos de la divulgación y haber proporcionado ejemplos de arreglos de

20 hardware y software para implementar los procedimientos y funciones de la divulgación, las secciones a continuación proporcionan detalles y ejemplos de arreglos para la ubicación de funciones de red con agregación de portadoras en redes (por ejemplo, redes en la nube) que pueden incluir el uso de

25 procedimientos de aprendizaje automático para determinar la ubicación de la función de red. En una o más realizaciones, las funciones y/o tareas y/o pasos descritos en el presente documento pueden ser realizados por uno o más nodos 16 de red y/o uno o más WD 22.

La FIG. 11 muestra un sistema 10 (por ejemplo, una red 5G configurada para agregación de portadora (CA)) que incluye NN 16 (por ejemplo, NN 16a-16k), WD 22 (por ejemplo, WD 22a, 22b, 22c, 22d), una CU 100 (que puede estar comprendida en NN 16), múltiples DU 102 (por ejemplo, DU NF) y una RU 104 (por ejemplo, en NN 16a) que atiende a múltiples WD 22. Más específicamente, los NN 16 pueden comprender un NN 16a de acceso, tal como un nodo de red RAN, y otros nodos 16 de red tales como nodos O-Cloud. Los datos 300 pueden transmitirse entre componentes del sistema 10 o hacia/desde cualquier otro componente no comprendido en el sistema 10. Además, se pueden utilizar múltiples componentes portadoras (CC) 302 para la comunicación con los WD 22.

Por ejemplo, al utilizar CA, cada WD 22 puede tener un conjunto determinado de CC 302 compatibles. Cada WD 22 tiene una celda 18 primaria (PCell) y varias celdas 18 secundarias activadas (SCells). La PCell puede estar activa en todo momento para un WD 22 determinado. Las funciones de red (NF) de cada DU 102 relacionadas con cada CC 302 pueden ejecutarse en un NN 16 (por ejemplo, nodo O-Cloud). En este ejemplo no limitativo, los datos 300a, 300b, 300c, 300d (denominados colectivamente datos 300) de cada WD 22 se transmiten desde la CU 100 a la DU de servicio 102 (por ejemplo, DU NF) para la PCell de ese WD 22. Los datos 300a, 300b, 300c y 300d pueden denominarse  $u_1$ ,  $u_2$ ,  $u_3$ ,  $u_4$ , respectivamente. En algunas realizaciones, los datos 300a pueden corresponder a WD 22a, los datos 300b pueden corresponder a WD 22b, los datos 300c pueden corresponder a WD 22d y los datos 300d pueden corresponder a WD 22e. Sin embargo, a qué WD 22 corresponden los datos 300 no está limitado como tal, y cualquier combinación de datos 300 puede corresponder a uno o más WD 22. En algunas realizaciones, los datos 300 también pueden referirse a la carga útil de datos.

La PCell de cada WD 22 puede tener la función de distribuir los datos 300 de usuario entre las DU 102 de todas las CC 302 activadas (por ejemplo, una o

más de las CC 302a, 302b, 302c, 302d, 302e, 302f, etc.) para ese WD 22 específico. Por lo tanto, hay una comunicación inter DU (IDU) entre la DU 102 (por ejemplo, DU NF) que atiende a la PCell y la DU 102 (por ejemplo, DU NF) que atiende a la SCell del usuario dado (es decir, WD 22) en el intervalo de tiempo dado.

En este ejemplo no limitativo, hay seis CC 302 y cuatro WD 22. las CC 302a, 302c (por ejemplo, una primera CC y una tercera CC) se activan para WD 22a. Las CC 302b, 302c (por ejemplo, una segunda CC y la tercera CC) se activan para WD 22b. Las CC 302b, 302e, 302f (por ejemplo, la segunda CC, una quinta CC, un sexta CC) se activan para WD 22c, y las CC 302a, 302c, 302d (por ejemplo, la primera CC, la tercera CC y una cuarta CC) se activan para WD 22d. Se puede suponer que CC 302a es la PCell para WD 22a y WD22d, y se puede suponer que CC 302b es la PCell para WD 22b y WD 22c. Los datos 300 de cada WD 22 pueden recibirse en su PCell, y luego se dividen entre todas las CC 302 activadas.

En algunas realizaciones, se puede considerar el tráfico de enlace descendente y se puede determinar el retardo de extremo a extremo desde la CU 100 a cada WD 22. Las decisiones sobre los NN 16 (por ejemplo, los nodos O-Cloud) que se deben seleccionar para instanciar las NF de las DU 102 (por ejemplo, las DU NFs) para las CC 302 se pueden ejecutar cada duración de tiempo (TD). En algunas realizaciones, durante la TD, es posible que no se modifiquen las decisiones. La ráfaga de cargas útiles de datos de WD u (por ejemplo, UE u) que llega en el tiempo de duración actual se transmite desde CU 100 a un NN 16 (por ejemplo, un nodo de nube) que sirve a la DU 102 (por ejemplo, DU NF) de la WD PCell y luego se divide entre sus CC activados. Por ejemplo, la ráfaga de datos puede ser los datos 300a, 300b, 300c, 300d. El retardo desde la CU 100 a cada WD 22 incluye procesamiento, transmisión, propagación, puesta en cola, etc. Estos retardos están relacionados con la CU 100, los nodos DU (NN 16 que alojan una DU 102, DU NF, etc.) y la RU 104, así

como los enlaces MH, IDU y FH. En algunas realizaciones, para satisfacer el objetivo de retardo, el retardo para transmitir un paquete de datos de cada WD 22 debe ser menor o igual a su objetivo, tal como un umbral de retardo predeterminado.

- 5           En algunas realizaciones, teniendo en cuenta el retardo experimentado por los WD 22 (por ejemplo, los usuarios), el retardo puede aumentar si la DU 102 (por ejemplo, DU NF) de todos las CC se ejecuta en un NN 16. Además, si las DU 102 (por ejemplo, DU NF) para las CC 302 se distribuyen en diferentes NN 16, el retardo de la IDU y el número de nodos de procesamiento aumentan.
- 10   En algunas otras realizaciones, el retardo se puede minimizar mientras se minimiza el número de DU 102 colocadas y se satisface el objetivo de retardo de cada usuario o WD 22.

- En el ejemplo mostrado, NN 16d recibe los datos 300a, 300b, 300c, 300d para los WD 22a, 22b, 22c, 22d, respectivamente. Cada WD 22 tiene CC 302
- 15   activados como se describe anteriormente. Se selecciona NN 16d para instanciar y/o comprender y/o realizar las funciones de DU 102d. Se selecciona NN 16e para instanciar y/o comprender y/o realizar las funciones de DU 102e. Se selecciona NN 16g para instanciar y/o comprender y/o realizar las funciones de DU 102g. Se selecciona NN 16j para instanciar y/o comprender y/o realizar las
- 20   funciones de DU 102j. Cada DU 102 seleccionada puede configurarse para comunicarse con un WD 22 correspondiente, por ejemplo, a través del nodo 16a de red y las CC 302 correspondientes. Por ejemplo, la DU 102d puede configurarse para comunicarse con los WD 22a, 22d, transmitiendo la señalización asociada con los datos 300a, 300d a los WD 22a, 22d (por ejemplo,
- 25   a través de NN 16a) utilizando CC 302a. Además, la DU 102d puede configurarse para comunicarse con los WD 22b, 22c, transmitiendo la señalización asociada con los datos 300b, 300c a los WD 22b, 22c (por ejemplo, a través de NN 16a) utilizando CC 302b.

La DU 102e puede configurarse para comunicarse con los WD 22a, 22b, 22d, transmitiendo la señalización asociada con los datos 300a, 300b, 300d a los WD 22a, 22b, 22d (por ejemplo, a través de NN 16a) utilizando CC 302c. La DU 102g puede configurarse para comunicarse con WD 22d, transmitiendo la  
 5 señalización asociada con los datos 300d a WD 22d (por ejemplo, a través de NN 16a) utilizando CC 302d. La DU 102j puede configurarse para comunicarse con WD 22c, transmitiendo la señalización asociada con los datos 300c a WD 22c (por ejemplo, a través de NN 16a) utilizando las CC 302e, 302f.

En otras palabras, la CC 302a asociada con el DU 102d se puede utilizar  
 10 para transmitir y/o recibir datos 300a hacia/desde los WD 22a, 22d. La CC 302b asociada con DU 102d se puede utilizar para transmitir y/o recibir datos 300b hacia/desde los WD 22b, 22c. La CC 302c asociada con DU 102e se puede utilizar para transmitir y/o recibir datos 300a, 300b, 300d hacia/desde los WD 22a, 22b, 22d. La CC 302d asociada con DU 102g puede usarse para transmitir  
 15 y/o recibir datos 300d hacia/desde WD 22d. La CC 302e asociada con DU 102j puede usarse para transmitir y/o recibir datos 300c hacia/desde WD 22c. Además, la CC 302j asociada con DU 102j puede usarse para transmitir y/o recibir datos 300c hacia/desde WD 22c.

En una o más realizaciones, los datos 300 que están asociados con una  
 20 CC 302 se envían a la DU 102 correspondiente. Por ejemplo, los datos 300a, 300b, 300d asociados con CC 302c pueden ser reenviados por DU 102d a DU 102e para que DU 102e realice una o más acciones (por ejemplo, transmitir/recibir señalización) asociadas con CC 302c y los datos 300a, 300b, 300d. Los datos 300d asociados con las CC 302d pueden ser reenviados por la  
 25 DU 102d a la DU 102g para que la DU 102g realice una o más acciones (por ejemplo, transmitir/recibir señalización) asociadas con la CC 302d y los datos 300d. Los datos 300c asociados con CC 302e, 302f pueden ser reenviados por DU 102d a DU 102j para que DU 102j realice una o más acciones (por ejemplo, transmitir/recibir señalización) asociadas con CC 302e, 302f y los datos 300c.

En algunas realizaciones, DU 102 puede referirse a una DU NF. En algunas otras realizaciones, la selección de las DU 102 (y/o NN 16 correspondientes) puede ser realizada por cualquier componente del sistema 10 tal como un NN 16, puede basarse en variables de optimización tales como un  
5 objetivo de retardo de una o más WD 22, y puede realizarse utilizando un procedimiento de aprendizaje y/o un procedimiento de inteligencia artificial. En una o más realizaciones, el término “alojar” puede referirse a realizar una o más acciones asociadas con la entidad alojada. Por ejemplo, un NN 16 puede configurarse para alojar una DU 102 (o DU NF) o una instancia de DU 102. De  
10 este modo, NN 16, al alojar DU 102, puede configurarse para realizar o hacer que la DU 102 alojada realice una o más funciones de DU. Además, al alojar DU 102, NN 16 puede ejecutar software, por ejemplo, a través de componentes de hardware, para realizar las funciones de DU. En algunas realizaciones, hacer que un NN 16 aloje una DU puede incluir hacer que una DU se instancia o se  
15 implementa en el NN 16.

En algunas realizaciones, las variables de optimización pueden incluir la ubicación óptima de DU 102 (por ejemplo, DU NF) para cada CC. Además, se puede utilizar un esquema de suma ponderada para resolver este problema de múltiples objetivos (el retardo y la cantidad de DU colocadas). El problema, que  
20 puede ser no lineal, puede resolverse utilizando un algoritmo de aprendizaje por refuerzo profundo (DRL) o cualquier otro procedimiento de inteligencia artificial y/o aprendizaje automático.

En algunas otras realizaciones, los algoritmos DLR pueden utilizar uno o más agentes configurados para recibir uno o más estados (del sistema) y/o  
25 realizar una o más acciones que produzcan una o más recompensas, tal como basándose en uno o más estados. En algunas realizaciones, utilizando el enfoque DRL, se puede determinar una ubicación de DU NF para cada CC. En cada iteración, la ubicación de la DU para las CC, el canal inalámbrico y el tráfico del usuario provoca un cambio en el entorno y el agente DRL obtiene una

recompensa. Se puede utilizar una función objetivo para determinar la recompensa. En el algoritmo DRL, el problema puede modelarse como un procedimiento de decisión de Markov (MDP). El enfoque MDP puede implicar uno o más de los siguientes:

- 5       • Un estado se modela como la satisfacción del retardo de los usuarios asociados con los WD 22.
- La acción es la colocación del DU 102 (por ejemplo, DU NF) para las CC en la red (por ejemplo, red en la nube).
- La recompensa es la suma ponderada del retardo y la cantidad de NN 16 consumidas (por ejemplo, nodos de nube) utilizadas para las DU 102 y la satisfacción de una o más restricciones. Las restricciones pueden depender de la capacidad de cómputo de los NN 16 (por ejemplo, nodos de nube), la capacidad de ancho de banda de los enlaces (MH, IDU, FH) y el umbral/objetivo de retardo de WD.

15       En algunas realizaciones, mediante el uso de un algoritmo ML basado en el DQN, se puede determinar una solución óptima para el problema de retardo planteado. Específicamente, como parte de la definición del problema, se define la siguiente formulación:

$$O = \sum_{n \in N} f(\sum_{m \in M} x_m^n)$$

20

dónde  $O(t)$  denota el número de DU 102 colocadas (por ejemplo, DU NF) en el momento actual,  $t$ , y

$$f(x) = \begin{cases} 1, & x > 0 \\ 0, & x = 0 \end{cases}$$

25       Las restricciones pueden garantizar que los recursos informáticos totales en CU, RU y DU  $n$  son inferiores a un recurso máximo. Además, las restricciones pueden garantizar que se respeten los requisitos de ancho de banda de los enlaces MH, IDU y FH. La FIG. 12 muestra un ejemplo de marco de trabajo de gestión y orquestación de servicios (SMO). El marco de trabajo SMO puede

comprender un RIC no RT (es decir, circuitos 68 de procesamiento y/o procesador 70 del nodo 16 de red) y software 74 que puede comprender una o más rApps, servicios que habilitan rApps y/o un marco de trabajo RIC no RT. Las rApps pueden comunicarse con los servicios, por ejemplo, a través de la interfaz R1 (que puede estar comprendida en la interfaz 60 de comunicación). Además, otras interfaces pueden incluir O2, O1, Open FH M-plane A1, cualquiera de las cuales puede realizar una o más funciones correspondientes a la interfaz 60 de comunicación.

En algunas realizaciones, las funciones y/o tareas y/o procedimientos y/o pasos descritos en la presente divulgación son realizados por una o más rApps, por ejemplo, comprendidas en el nodo 16 de red.

Una o más realizaciones son aplicables a redes en la nube. En algunas realizaciones, para obtener la optimización completa de la colocación de DU NF, las DU NF se pueden instanciar en cualquier NN 16 capaz (por ejemplo, nodo de nube) y no se limita únicamente a los NN 16 que brindan comunicación inalámbrica a los WD 22 (y, a la inversa, no se excluye de los NN 16 que brindan comunicación inalámbrica a los WD 22). Como tal, aunque la FIG. 3 muestra NN 16 en comunicación con WD 22, dicha ilustración es para facilitar la explicación.

Las implementaciones no se limitan únicamente a lo que se muestra en las figuras de la presente divulgación. Además, las realizaciones de la presente divulgación no se limitan a un tipo de red como redes en la nube y pueden ser aplicables a cualquier red, incluyendo aquellas que cumplen con las especificaciones O-RAN O-Cloud, redes en la nube compatibles con 3GPP o aquellas proporcionadas por proveedores de la nube tal como Microsoft Azure, Google, Apple, Amazon Web Services, etc.

La siguiente es una lista no limitativa de realizaciones de ejemplo.

**Realización A1.** Un primer nodo de red (NN) 16 configurado para comunicarse con una pluralidad de NN 16 en una red, el primer nodo 16 de red configurado para, y/o que comprende una interfaz 60 de comunicación y/o que

comprende un circuito 68 de procesamiento configurado para:

determinar una pluralidad de unidades distribuidas (DU NF) que serán alojadas por un grupo de NN 16 de la pluralidad de NN 16 basándose en un objetivo de retardo de cada dispositivo inalámbrico (WD) 22 de una pluralidad de WD 22, estando cada DU NF asociada con al menos una portadora de componente utilizable por al menos un WD 22, determinándose la pluralidad de DU NF utilizando un procedimiento de aprendizaje; y

desencadenar cada NN 16 del grupo de NN 16 para alojar una DU NF correspondiente de la pluralidad de DU NF.

10 Realización A2. El primer nodo de red de la Realización A1, en donde el primer NN 16 está configurado además para:

realizar el modelado de la red; y

realizar el modelado del retardo de extremo a extremo en la red basándose en datos recopilados en la red para determinar la pluralidad de DU NF.

15 Realización A3. El primer nodo de red de cualquiera de las Realizaciones A1 y A2, en donde la determinación de la pluralidad de DU comprende:

20 determinar una ubicación de DU NF centrada en WD basándose en parámetros de agregación de portadora; y

realizar una suma ponderada de un retardo y un número de NN 16 utilizados para alojar DU NF para una pluralidad de portadoras de componentes.

Realización A4. El primer nodo de red de cualquiera de las Realizaciones A1-A3, en donde la determinación de la pluralidad de DU NF mediante el procedimiento de aprendizaje comprende uno o más de:

modelar un estado como una satisfacción de retardo de los usuarios;

determinar una acción, siendo la acción una colocación de al menos una DU NF para la al menos portadora componente en la red; y

determinar una recompensa, siendo la recompensa la suma ponderada del retardo y el número de NN 16 utilizado para alojar DU NF para la pluralidad de portadoras componentes y la satisfacción de una o más restricciones, basándose la una o más restricciones en la capacidad de cómputo de la pluralidad de NN 16, una capacidad de ancho de banda de enlaces intermedio, inter-DU y frontal, y el objetivo de retardo.

Realización A5. El primer nodo de red de cualquiera de las Realizaciones A1-A4, en donde la determinación de la pluralidad de DU NF mediante el procedimiento de aprendizaje comprende:

aplicar la colocación de DU basada en aprendizaje de refuerzo profundo con agregación de portadoras (DUPCA) para minimizar una cantidad de DU que serán alojadas por el grupo de NN 16 mientras se satisface el objetivo de retardo de cada WD 22.

Realización B1. Un procedimiento implementado en un primer nodo de red (NN) 16 configurado para comunicarse con una pluralidad de NN 16 en una red, comprendiendo el procedimiento:

determinar una pluralidad de funciones de red de unidad distribuida (DU NF) que serán alojadas por un grupo de NN 16 de la pluralidad de NN basándose en un objetivo de retardo de cada dispositivo inalámbrico (WD) 22 de una pluralidad de WD 22, estando cada DU NF asociada con al menos una portadora de componente utilizable por al menos un WD 22, determinándose la pluralidad de DU NF utilizando un procedimiento de aprendizaje; y

desencadenar cada NN 16 del grupo de NN 16 para alojar una DU NF correspondiente de la pluralidad de DU NF.

Realización B2. El procedimiento de la Realización B1, en donde el procedimiento comprende, además:

realizar el modelado de la red; y

realizar modelado del retardo de extremo a extremo en la red basándose en datos recopilados en la red para determinar la pluralidad de DU NF.

Realización B3. El procedimiento de cualquiera de las Realizaciones B1 y B2, en donde la determinación de la pluralidad de DU comprende:

determinar una ubicación de DU NF centrada en WD basándose en parámetros de agregación de portadora; y

5 realizar una suma ponderada de un retardo y un número de NN 16 utilizados para alojar DU NF para una pluralidad de portadoras de componentes.

Realización B4. El procedimiento de cualquiera de las Realizaciones B1-B3, en donde la determinación de la pluralidad de DU NF utilizando el procedimiento de aprendizaje comprende uno o más de:

10 modelar un estado como una satisfacción de retardo de los usuarios;

determinar una acción, siendo la acción una colocación de al menos una DU NF para la al menos portadora componente en la red; y

determinar una recompensa, siendo la recompensa la suma ponderada del retardo y el número de NN 16 utilizado para alojar DU NF para la pluralidad  
15 de portadoras componentes y la satisfacción de una o más restricciones, basándose la una o más restricciones en la capacidad de cómputo de la pluralidad de NN 16, una capacidad de ancho de banda de enlaces intermedio, inter-DU y frontal, y el objetivo de retardo.

Realización B5. El procedimiento de cualquiera de las Realizaciones B1-B4, en donde la determinación de la pluralidad de DU NFs utilizando el  
20 procedimiento de aprendizaje comprende:

aplicar la colocación de DU basada en aprendizaje de refuerzo profundo con agregación de portadoras (DUPCA) para minimizar una cantidad de DU que serán alojadas por el grupo de NN 16 mientras se satisface el objetivo de retardo  
25 de cada WD 22.

Como lo apreciará una persona experta en la técnica, los conceptos descritos en el presente documento pueden incorporarse como un procedimiento, un sistema de procesamiento de datos, un producto de programa informático y/o un medio de almacenamiento de ordenador que almacena un

programa de ordenador ejecutable. En consecuencia, los conceptos descritos en el presente documento pueden tomar la forma de una realización completamente de hardware, una realización completamente de software o una realización que combina aspectos de software y hardware, todos ellos generalmente denominados en este documento como un "circuito" o "módulo". Cualquier procedimiento, paso, acción y/o funcionalidad descrita en el presente documento puede ser realizado por, y/o asociado a, un módulo correspondiente, que puede estar implementado en software y/o firmware y/o hardware. Además, la divulgación puede tomar la forma de un producto de programa informático en un medio de almacenamiento tangible utilizable por ordenador que tiene un código de programa informático incorporado en el medio que puede ser ejecutado por un ordenador. Se puede utilizar cualquier medio tangible legible por ordenador, incluyendo discos duros, CD-ROM, dispositivos de almacenamiento electrónico, dispositivos de almacenamiento óptico o dispositivos de almacenamiento magnético.

Algunas realizaciones se describen en el presente documento con referencia a ilustraciones de diagramas de flujo y/o diagramas de bloques de procedimientos, sistemas y productos de programas informáticos. Se entenderá que cada bloque de las ilustraciones del diagrama de flujo y/o diagramas de bloques, y las combinaciones de bloques en las ilustraciones del diagrama de flujo y/o diagramas de bloques, pueden implementarse mediante instrucciones de programa informático. Estas instrucciones de programa informático pueden proporcionarse a un procesador de un ordenador de propósito general (para crear de ese modo un ordenador de propósito especial), un ordenador de propósito especial u otro aparato de procesamiento de datos programable para producir una máquina, de modo que las instrucciones, que se ejecutan a través del procesador del ordenador u otro aparato de procesamiento de datos programable, creen medios para implementar las funciones/actos especificados en el diagrama de flujo y/o en el bloque o bloques del diagrama de bloques.

Estas instrucciones de programa informático también pueden almacenarse en una memoria legible por ordenador o en un medio de almacenamiento que puede dirigir a un ordenador u otro aparato de procesamiento de datos programable para que funcione de una manera particular, de modo que las instrucciones almacenadas en la memoria legible por ordenador produzcan un artículo manufacturado que incluye medios de instrucción que implementan la función/acto especificado en el diagrama de flujo y/o en el bloque o bloques del diagrama de bloques.

Las instrucciones del programa informático también pueden cargarse en un ordenador u otro aparato de procesamiento de datos programable para provocar que se realicen una serie de pasos operativos en el ordenador u otro aparato programable para producir un procedimiento implementado por ordenador, de modo que las instrucciones que se ejecutan en el ordenador u otro aparato programable proporcionen pasos para implementar las funciones/actos especificados en el diagrama de flujo y/o en el diagrama de bloques o bloques.

Se debe entender que las funciones/actos señalados en los bloques pueden ocurrir fuera del orden señalado en las ilustraciones operativas. Por ejemplo, dos bloques que se muestran en sucesión pueden, de hecho, ejecutarse prácticamente de manera concurrente o, a veces, los bloques pueden ejecutarse en orden inverso, dependiendo de la funcionalidad o los actos involucrados. Aunque algunos de los diagramas incluyen flechas en las rutas de comunicación para mostrar una dirección principal de comunicación, se debe entender que la comunicación puede ocurrir en la dirección opuesta a las flechas representadas.

El código del programa informático para llevar a cabo operaciones de los conceptos descritos en el presente documento puede escribirse en un lenguaje de programación orientado a objetos como Python, Java® o C++. Sin embargo, el código del programa informático para llevar a cabo las operaciones de la divulgación también puede escribirse en lenguajes de programación

procedimental convencionales, tal como el lenguaje de programación "C". El código del programa puede ejecutarse íntegramente en el ordenador del usuario, parcialmente en el ordenador del usuario, como un paquete de software independiente, parcialmente en el ordenador del usuario y parcialmente en un ordenador remoto o íntegramente en el ordenador remoto. En el último escenario, el ordenador remoto puede estar conectado al ordenador del usuario a través de una red de área local (LAN) o una red de área amplia (WAN), o la conexión puede realizarse a un ordenador externa (por ejemplo, a través de Internet utilizando un proveedor de servicios de Internet).

Se han divulgado aquí muchas realizaciones diferentes, en relación con la descripción anterior y los dibujos. Se entenderá que sería excesivamente repetitivo y confuso describir e ilustrar literalmente cada combinación y subcombinación de estas realizaciones. En consecuencia, todas las realizaciones pueden combinarse de cualquier manera y/o combinación, y la presente especificación, incluyendo los dibujos, se interpretará como que constituye una descripción escrita completa de todas las combinaciones y subcombinaciones de las realizaciones descritas en el presente documento, y de la manera y el procedimiento de hacerlas y usarlas, y respaldará las reivindicaciones de cualquier combinación o subcombinación.

Las abreviaturas que pueden utilizarse en la descripción anterior incluyen:

CA Agregación de Portadoras

CC Portadora Componente

CNF Función de Red en Contenedores

CU Unidad Central

DQN Red Q profunda

DRL Aprendizaje de Refuerzo Profundo

DU Unidad Distribuida

DUPCA Colocación de DU con Agregación de Portadoras

FH Enlace Frontal

|    |                                         |
|----|-----------------------------------------|
|    | IDU Inter-DU                            |
|    | MDP Procedimiento de Decisión de Markov |
|    | MH Enlace Intermedio                    |
|    | MILP Problema Lineal Entero Mixto       |
| 5  | ML Aprendizaje Automático               |
|    | NF Función de Red                       |
|    | PCell Celda Primaria                    |
|    | RAN Red de Acceso por Radio             |
|    | RU Unidad de Radio                      |
| 10 | SCell Celda Secundaria                  |
|    | UE Equipo de Usuario                    |
|    | VNF Función de Red Virtualizada         |

Las personas expertas en la técnica apreciarán que las realizaciones descritas en el presente documento no se limitan a lo que se ha mostrado y descrito particularmente anteriormente en el presente documento. Además, a menos que se haya mencionado lo contrario anteriormente, debe tenerse en cuenta que todos los dibujos adjuntos no están a escala. Son posibles diversas modificaciones y variaciones a la luz de las enseñanzas anteriores sin alejarse del alcance de las siguientes reivindicaciones.