

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 719 082**

51 Int. Cl.:

H04W 84/18 (2009.01)

H04W 88/10 (2009.01)

H04W 36/14 (2009.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **25.09.2013** **PCT/US2013/061599**

87 Fecha y número de publicación internacional: **03.04.2014** **WO14052403**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.09.2013** **E 13842755 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.02.2019** **EP 2901735**

54 Título: **Virtualización de red inalámbrica de múltiple acceso dinámica**

30 Prioridad:

25.09.2012 US 201261705440 P

25.10.2012 US 201261718503 P

10.11.2012 US 201261724963 P

10.11.2012 US 201261724964 P

24.09.2013 US 201314034915

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
08.07.2019

73 Titular/es:

PARALLEL WIRELESS INC. (100.0%)
100 Innovative Way Suite 3410
Nashua NH 03062, US

72 Inventor/es:

DONEPUDI, SRIDHAR;
GARG, SUMIT;
AGARWAL, KAITKI;
MISHRA, RAJESH, KUMAR y
PAPA, STEVEN, PAUL

74 Agente/Representante:

CAMPELLO ESTEBARANZ, Reyes

ES 2 719 082 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Virtualización de red inalámbrica de múltiple acceso dinámica

5 **Campo**

La presente solicitud se refiere a sistemas inalámbricos de comunicación de banda ancha, sistemas celulares, celdas pequeñas y virtualización de redes.

10 **Antecedentes**

El concepto de virtualización puede definirse en términos generales como una metodología por la que un recurso subyacente se comparte entre múltiples consumidores, al mismo tiempo que proporciona a cada uno de los consumidores la ilusión de poseer todo el recurso independiente de los demás consumidores. La virtualización se puede aplicar a través de redes cableadas e inalámbricas. En el ámbito inalámbrico, la virtualización se ha realizado en redes IP y en redes de comunicación inalámbrica. Incluso dentro de estas dos categorías, hay varios tipos de virtualización. Por ejemplo, para redes IP, la publicación de patente de Estados Unidos número 2013/0094486 titulada "Wireless Network Virtualization for Wireless Local Area Networks" describe un punto de acceso para garantías de tiempo en el aire a un grupo de clientes que comparten un punto de acceso.

En otra solicitud de patente de red IP, el documento WO 2011/144538 A1 titulado "Method and System for Network Virtualization", los inventores analizan compartir una infraestructura de red común dividiéndola en varias instancias de red lógica, llamadas "segmentos", compuestas por nodo "rodajas" de nodos virtuales y enlaces virtuales. La solicitud describe cómo aislar los recursos inalámbricos que coexisten al mismo tiempo para garantizar una interferencia mínima entre los recursos, así como controlar la utilización de los recursos inalámbricos para garantizar que un segmento no infrinja los recursos de otros segmentos.

En cuanto a las redes de comunicación inalámbrica, la solicitud de patente de Estados Unidos número 2009/0170472 titulada "Shared Network Infrastructure" describe una red de comunicación inalámbrica en la que la [v]irtualización puede proporcionar una capa de abstracción que permite que múltiples máquinas virtuales se ejecuten de forma aislada entre sí, en paralelo en la misma máquina física".

Aunque estas versiones de virtualización difieren en el medio en el que se implementan, comparten el punto común de que son un tipo de virtualización "de uno a varios". Por "uno a varios", significa que un conjunto común de hardware es compartido por más de un cliente o abonado. En cierto modo, este tipo de disposición es como la tenencia múltiple en un edificio: muchas personas viven en apartamentos individuales dentro de una sola infraestructura de edificio.

Estas aplicaciones anteriores representan además la tenencia múltiple en el sentido de que a las personas que viven dentro de un edificio determinado siempre se les asigna la misma cantidad de espacio vital. Por ejemplo, un inquilino en un edificio de tenencia múltiple puede alquilar un apartamento de un dormitorio. Si en algún momento tiene seis familiares que lo visitan desde lejos, aún se le asigna solamente un apartamento de un dormitorio. Su mayor demanda de espacio vital no se encuentra de momento en este modelo. Como resultado, sus familiares tendrán que dormir en sillones, el suelo, siempre que puedan encontrar espacio porque la naturaleza de un modelo de tenencia múltiple es estática. No responde a las condiciones ambientales cambiantes, y no hay inteligencia en un sentido en tiempo real asociado con la asignación de recursos.

En la medida en que las técnicas de virtualización de la técnica anterior abarcan la toma de decisiones inteligente en tiempo real, mucho típicamente informan de alarmas experimentadas dentro del sistema. Estas alarmas alertan a los clientes dentro de la red de que el rendimiento de la red puede estar en peligro, pero no toman decisiones dinámicas sobre cómo responder a la alarma. En términos de recursos agrupados, algunas técnicas de virtualización de la técnica anterior incluyen la idea de capacidades de procesamiento agrupadas. Pero no incluyen la idea de recursos agrupados. En el caso de una red de malla multi-RAT heterogénea, puede haber cientos de recursos agrupados disponibles para su uso dependiendo de las condiciones de red.

Volviendo de nuevo a la definición de virtualización, cada uno de estos "muchos" usuarios cree que tiene uso y control exclusivo de un conjunto de hardware. La **Figura 1** es un ejemplo de cómo una estación base virtualizada **100** de la técnica anterior puede operar de acuerdo con esta definición de virtualización. La estación base **100** está compuesta por un único conjunto de componentes de hardware. Adicionalmente, la técnica anterior realiza la

virtualización de forma física, en el hardware. En ese conjunto único de componentes de hardware, las técnicas de virtualización se utilizan de manera que AT&T y Verizon podrían compartir sin saberlo los componentes de hardware de esta estación base, cada uno de los cuales cree que era el único operador de red que usaba la estación base 100.

5 Si bien este tipo de virtualización tiene la ventaja de poder utilizar de manera eficiente el hardware común, es una calle de sentido único en términos de la perspectiva desde la que se ve la virtualización. Específicamente, cada proveedor de servicios considera que la estación base **100** está dedicada exclusivamente a ella. A este respecto, la estación base **100** está virtualizada cuando va de la red central a la estación base. En la dirección opuesta, sin embargo, desde la estación base **100** a la red central, no hay virtualización. Y eso es, en algunos aspectos, una función de la naturaleza estática de la virtualización de la técnica anterior. Los recursos en la estación base **100** se dividen estáticamente en una forma de tenencia múltiple, lo que significa que cualquier cambio en la red, por ejemplo, la capacidad, las condiciones operativas, la latencia experimentada por un operador de red, no se puede abordar de forma dinámica. Por lo tanto, es necesario crear una red de comunicación inalámbrica dinámica.

15 Esta necesidad se siente en muchos tipos diferentes de redes de comunicación inalámbrica. Históricamente, la comunicación inalámbrica se ha realizado en redes 3G o Wi-Fi utilizando macroceldas y puntos de acceso para la entrega de datos de Wi-Fi local. De cara al futuro, la selección de redes disponibles para la comunicación inalámbrica está aumentando para incluir LTE, TV White Space, soluciones de celdas pequeñas integradas en macrorredes, etc. Las estaciones base que soportan esta red heterogénea, que es una red que integra múltiples tecnologías de radio, requerirán técnicas de administración más sofisticadas para manejar las demandas cada vez mayores de las redes.

Al enfocarse, por ejemplo, en redes LTE, LTE se ha diseñado para soportar solo servicios de paquetes conmutados, en contraste con el modelo de conmutación de circuitos de sistemas celulares anteriores. Uno de los objetivos de LTE es proporcionar una conectividad del protocolo de Internet (IP) sin interrupciones entre el equipo de usuario (UE) y la red de paquetes de datos (PDN), sin interrumpir las aplicaciones de los usuarios finales durante la movilidad. Véase, generalmente, "The LTE Network Architecture: A comprehensive tutorial", Strategic White Paper, Alcatel-Lucent.

30 Mientras que el término "LTE" abarca la evolución del acceso por radio del sistema universal de telecomunicaciones móviles (UMTS) a través de la UTRAN evolucionada (E-UTRAN), se acompaña de una evolución de los aspectos no relacionados con la radio bajo el término "evolución de la arquitectura del sistema" (SAE), que incluye la red del núcleo de paquetes evolucionados (EPC). Juntos, LTE y SAE comprenden el sistema de paquetes evolucionados (EPS).

El EPS utiliza el concepto de portadores de EPS para enrutar el tráfico de IP desde una pasarela en la PDN al UE. Un portador es un flujo de paquetes IP con una calidad de servicio (QoS) definida entre la pasarela y el UE. Juntos, E-UTRAN y EPC configuran y liberan portadores de acuerdo como lo requieran las aplicaciones. Un portador de EPS se asocia típicamente con una QoS. Se pueden establecer múltiples portadores para un usuario con el fin de proporcionar diferentes flujos de QoS o conectividad a diferentes PDN. Por ejemplo, un usuario puede participar en una llamada de voz (VoIP), mientras que al mismo tiempo realiza una navegación web o una descarga de FTP. Un portador de VoIP proporcionaría la QoS necesaria para la llamada de voz, mientras que un portador de mejor esfuerzo sería adecuado para la navegación web o una sesión FTP.

45 La **Figura 2** muestra la arquitectura de red general, incluidos los elementos de red y las interfaces estandarizadas. La red central (denominada EPC en SAE) es responsable del control global del UE y del establecimiento de los portadores. Los nodos lógicos principales del EPC son: (1) Pasarela PDN (P-GW); (2) Pasarela de servicio (S-GW); y (3) Entidad de gestión de movilidad (MME). Actualmente, las estaciones base inalámbricas, tales como eNodeB LTE y su infraestructura de red de retorno se administran en una base por componentes.

Como ejemplo, si un eNodeB utilizó tres enlaces de retorno de microondas diferentes, cada uno estaría dedicado a, y administrado por, un proveedor diferente. Como resultado, habría tres conjuntos distintos de políticas de operador y políticas de red que deberían traducirse a tres configuraciones distintas únicas para las piezas individuales de los equipos de retorno. Del mismo modo, en el lado de acceso, hay cuatro operadores de red principales en EE.UU.: AT&T, Verizon, Sprint, y T-Mobile. Cada uno de estos operadores de red implementa su propia arquitectura patentada similar a la que se muestra en la **Figura 2**, pero de forma importante, carece de interoperabilidad entre las portadoras. El término "eNodeB" se usa en la técnica para representar un estándar, en oposición a una estación base LTE no personalizada. Se usa este término para tener ese significado, que es distinto de nuestros nodos multi-

RAT personalizados. Nuestros nodos multi-RAT pueden funcionar como estaciones base LTE estandarizadas, pero también tienen una funcionalidad mucho más amplia.

Los volúmenes de señalización del núcleo de paquetes en los primeros despliegues de redes LTE a gran escala son 5 significativamente más altos que en las redes centrales 2G/3G existentes. Esto se debe en parte a la arquitectura más plana y totalmente IP de LTE, donde la macro y la metrocelda están conectadas directamente a la MME, el elemento de plano de control dedicado en el EPC. El análisis de los datos de campo de varias implementaciones de red LTE grandes encontró que una MME puede experimentar una carga de señalización sostenida de más de 500-800 mensajes por equipo de usuario (UE) durante las horas punta pico normales y hasta 1500 mensajes por usuario 10 por hora en condiciones adversas. Véase, generalmente, Managing LTE Core Network Signaling Traffic", 30 de julio de 2013, Alcatel Lucent, www2.alcatel-lucent.com/techzine/managing-lte-core-network-signaling-traffic.

El aumento en la señalización del núcleo también se puede atribuir a un aumento general en el uso de la red por parte de los abonados a LTE. En algunos de los grandes mercados metropolitanos de EE.UU. donde LTE está 15 disponible, el uso máximo de la red es tan alto como 45 solicitudes de servicio por UE por hora en las horas punta pico. A medida que LTE crece en popularidad, la señalización en el EPC continuará aumentando, lo que aumenta el potencial de congestión del plano de control y las tormentas de señalización si no se gestionan adecuadamente. Además, cuando se añaden celdas pequeñas, que se están volviendo más ubicuas, a la red, se solicita al EPC que administre de 100 a 1000 veces más celdas. Algunas de las funciones que el EPC tiene que administrar para cada 20 celda pequeña incluyen: (1) proporcionar enlaces de retorno; (2) configuración dinámica; (3) gestión del nivel de potencia; (4) asignación de ID de celda física; (5) gestión de la señal; y (6) mayores traspasos dentro de la red debido al menor rango de transmisión de las celdas pequeñas. Por lo tanto, los MNO deben implementar una plataforma MME de siguiente generación/Nodos de soporte de servicio GPRS (SGSN) de próxima generación que no solo tiene la capacidad, escalabilidad y rendimiento de procesamiento de CPU, sino también la capacidad de 25 gestionar de forma inteligente este tráfico para reducir la señalización del núcleo global.

Dos ejemplos de dónde se pueden obtener eficiencias de señalización mediante el uso de redes virtualizadas son: (1) procedimientos de gestión de paginación/seguimiento; y (2) gestión de traspaso. Al volver primero a la paginación/seguimiento, un UE entra en el modo INACTIVO cuando se libera su conexión de radio. Cuando el UE 30 está en modo INACTIVO y debe ser alcanzado por la red, por ejemplo, si tiene una llamada entrante, los estándares LTE, así como los estándares heredados, definen un proceso de PAGINACIÓN para llegar al UE. Bajo estos escenarios de paginación/seguimiento, se envía una PÁGINA en un canal de control a todas las estaciones base en la última área de seguimiento conocida para el UE.

35 Cuando la red central estaba compuesta principalmente por macroceldas, podía haber 10 macros dentro de un área de seguimiento. En las redes actuales, el número de estaciones base dentro de un área de rastreo puede ser típicamente de 100 o más. Esto se debe a que los proveedores de servicios están aumentando sus redes incorporando celdas pequeñas que, en última instancia, se conectan a la red central para poder seguir el ritmo del número creciente de usuarios de comunicaciones inalámbricas y las demandas que ponen en la red. Dado el gran 40 número de macroceldas y células pequeñas existentes en las redes actuales, el coste de transmisión al EPC y la red puede ser generalmente muy alto si el EPC no sabe exactamente dónde se encuentra el UE en un momento dado. A medida que las células pequeñas se integren más en las redes existentes, este coste de transmisión solo aumentará. En cualquier momento dentro de un área de seguimiento en particular, hay muchos UE que están en modo INACTIVO. Un subconjunto de estos requerirá PAGINACIÓN en cualquier momento dado. Por lo tanto, es 45 ventajoso diseñar un método y un aparato para gestionar eficientemente los recursos de red con respecto a la PAGINACIÓN.

Cada eNodeB dentro del control del EPC debe coordinarse con su EPC cuando realiza un traspaso de uno de los UE dentro de su sector. Cuando las celdas pequeñas son parte de la red, el número de traspasos entre estas celdas 50 pequeñas aumenta en comparación con las macroceldas, porque el área de cobertura para las celdas pequeñas es mucho menor que para las macros. Además del gravamen del sistema, cada operador de red tiene su propio EPC. Por lo tanto, es deseable, desde el punto de vista de los recursos de red, incorporar un nodo agregador que pueda virtualizar una parte, o toda la red, de modo que, desde la perspectiva de la red central, parezca que solo está dando servicio a un eNodeB cuando en realidad, detrás de ese eNodeB hay una gran red de nodos multi-RAT. Las formas 55 de realización descritas en el presente documento incluyen un nodo agregador, al que se hace referencia como una "nube informática".

El documento WO 2012/044148 describe una arquitectura de red para una estación base de nube inteligente.

Los aspectos de la invención se describen en las reivindicaciones independientes, y las características preferidas se mencionan en las reivindicaciones dependientes.

Resumen de la invención

5

La invención se expone en el conjunto de reivindicaciones adjuntas. Las formas de realización y/o ejemplos de la siguiente descripción que no están cubiertos por las reivindicaciones adjuntas no se consideran como parte de la presente invención. Las formas de realización de esta invención incluyen métodos, sistemas, aparatos y arquitectura diseñados para proporcionar servicios inalámbricos mediante la virtualización de varias tecnologías de acceso de radio en una arquitectura única controlada por un controlador de radio inteligente. Una forma de realización describe una estrategia de paginación para una red de comunicación inalámbrica virtualizada conectada a una red de núcleo de paquetes. Una forma de realización adicional describe un método de entrega utilizando información de conexión de red.

10

15 En una forma de realización, hay una red de comunicación inalámbrica virtualizada que comprende una red de malla multi-RAT heterogénea acoplada en comunicación a un componente de nube informática, comprendiendo el componente de nube informática además un procesador de propósito general y un acelerador. En una forma de realización adicional, hay una red de comunicación inalámbrica virtualizada que comprende una red de malla multi-RAT heterogénea acoplada en comunicación a un componente de nube informática, comprendiendo el componente de nube informática además un procesador de propósito general y un acelerador, en la que el componente de nube informática actúa como un proxy S1-GW y una WAG/MAG y un proxy lu para facilitar el traspaso de LTE a Wi-Fi.

20

En una forma de realización alternativa, hay una red de comunicación inalámbrica virtualizada que comprende una red de malla multi-RAT heterogénea acoplada en comunicación a un componente de nube informática, comprendiendo el componente de nube informática además un procesador de propósito general y un acelerador, en la que el componente de nube informática comprende además una memoria para almacenar datos GTP-U que se pueden usar en un traspaso X2. En una forma de realización alternativa, hay una red de comunicación inalámbrica virtualizada que comprende una red de malla multi-RAT heterogénea acoplada en comunicación a un componente de nube informática, comprendiendo el componente de nube informática además un procesador de propósito general y un acelerador que comprende además un controlador SDN.

30

En una forma de realización alternativa, hay una red de comunicación inalámbrica virtualizada que comprende una red de malla multi-RAT heterogénea acoplada en comunicación a un componente de nube informática, comprendiendo el componente de nube informática además un procesador de propósito general y un acelerador, en la que el componente de nube informática comprende además una memoria para almacenar código ejecutable por ordenador que, cuando se ejecuta, hace que el procesador actualice una topología de red y un ajuste de recursos basándose en un requisito de capacidad de la red de malla multi-RAT heterogénea.

35

En una forma de realización alternativa, hay una red de comunicación inalámbrica virtualizada que comprende una red de malla multi-RAT heterogénea acoplada en comunicación a un componente de nube informática, comprendiendo el componente de nube informática además un procesador de propósito general y un acelerador, en la que el componente de nube informática adicional comprende una memoria para almacenar una ubicación GPS de un nodo multi-RAT heterogéneo, que es una parte de la red de malla multi-RAT heterogénea, siendo la ubicación GPS analizada por el componente de nube informática para determinar si el nodo multi-RAT heterogéneo debe conectarse a un segundo componente de nube informática para recibir una mejor calidad de servicio o una latencia de ruta de datos inferior. En aún una forma de realización alternativa, hay una red de comunicación inalámbrica virtualizada que comprende una red de malla multi-RAT heterogénea acoplada en comunicación a un componente de nube informática, comprendiendo el componente de nube informática además un procesador de propósito general y un acelerador que comprende además una base de datos acoplada en comunicación al componente de nube informática en la que la base de datos almacena una pluralidad de condiciones ambientales de la red de malla multi-RAT heterogénea.

45

50

En una forma de realización alternativa, hay una red de comunicación inalámbrica virtualizada que comprende una red de malla multi-RAT heterogénea acoplada en comunicación a un componente de nube informática, comprendiendo el componente de nube informática además un procesador de propósito general y un acelerador, en la que el componente de nube informática está acoplado en comunicación a un dispositivo de red ascendente y el componente de nube informática comprende además una memoria para almacenar código ejecutable por ordenador que, cuando se ejecuta, hace que el componente de nube informática realice un cálculo asociado con la asignación de recursos dentro de la red de malla multi-RAT heterogénea al dispositivo de red ascendente, que podría ser, a

55

modo de ejemplo y sin limitarse, una MME, una SGW o una PGW.

En una forma de realización alternativa, hay una red de comunicación inalámbrica virtualizada que comprende una red de malla multi-RAT heterogénea acoplada en comunicación a un componente de nube informática, comprendiendo el componente de nube informática además un procesador de propósito general y un acelerador, en la que el componente de nube informática está acoplado en comunicación a un dispositivo de red ascendente y el componente de nube informática se virtualiza de manera que aparezca en el dispositivo de red ascendente como una estación base.

10 En aún una forma de realización alternativa adicional, hay una red de comunicación inalámbrica virtualizada que comprende una red de malla multi-RAT heterogénea acoplada en comunicación a un componente de nube informática, comprendiendo el componente de nube informática además un procesador de propósito general y un acelerador, en la que el dispositivo de red ascendente es una MME, una SGW, o una macrocelda. En una variación de esta forma de realización, y sin limitar la amplitud de esta forma de realización, la estación base podría ser un eNodoB.

En una forma de realización alternativa, hay una red de comunicación inalámbrica virtualizada que comprende una red de malla multi-RAT heterogénea acoplada en comunicación a un componente de nube informática, comprendiendo el componente de nube informática además un procesador de propósito general y un acelerador, en la que la red de malla multi-RAT heterogénea comprende además una conexión de retorno no mallada al componente de nube informática. En una variación de esta forma de realización, podría haber una conexión de retorno cableada que forme parte de la red. En una forma de realización alternativa, la conexión de retorno que forma parte de la red podría ser una conexión de retorno inalámbrica.

25 En una forma de realización alternativa, hay un método de virtualización implementado por ordenador que comprende las etapas de: (a) Agrupar un primer recurso de radio de un primer nodo multi-RAT con un segundo recurso de radio de un segundo nodo multi-RAT en el que el primer y el segundo nodo multi-RAT están acoplados en comunicación para formar una red de malla; (b) Mantener una conexión a un dispositivo de red ascendente; y (c) Gestionar los recursos agrupados de manera que el dispositivo de red ascendente se interconecte con los recursos agrupados como una única estación base.

En una forma de realización alternativa, hay un método de virtualización implementado por ordenador que comprende las etapas de: (a) Agrupar un primer recurso de radio de un primer nodo multi-RAT con un segundo recurso de radio de un segundo nodo multi-RAT en el que el primer y el segundo nodo multi-RAT están acoplados en comunicación para formar una red de malla; (b) Mantener una conexión a un dispositivo de red ascendente; y (c) Gestionar los recursos agrupados de manera que el dispositivo de red ascendente se interconecte con los recursos agrupados como una única estación base que comprende además almacenar datos de anclaje en un dispositivo de memoria.

40 En una forma de realización alternativa, hay un método de virtualización implementado por ordenador que comprende las etapas de: (a) Agrupar un primer recurso de radio de un primer nodo multi-RAT con un segundo recurso de radio de un segundo nodo multi-RAT, en el que el primer y segundo nodos multi-RAT se acoplan en comunicación para formar una red de malla; (b) Mantener una conexión a un dispositivo de red ascendente; y (c) Gestionar los recursos agrupados de manera que el dispositivo de red ascendente se interconecte con los recursos agrupados como una estación base única, que comprende además elegir el primer recurso de radio o el segundo recurso de radio de los recursos agrupados para llevar a cabo una tarea de comunicación basada en una condición ambiental. En una variación de esta forma de realización, podría haber una forma de realización alternativa en la que la transferencia de una transmisión de datos desde un primer recurso de radio a un segundo recurso de radio se basa en una condición ambiental.

50 En una forma de realización alternativa, hay un método de virtualización implementado por ordenador que comprende las etapas de: (a) Agrupar un primer recurso de radio de un primer nodo multi-RAT con un segundo recurso de radio de un segundo nodo multi-RAT, en el que el primer y segundo nodos multi-RAT se acoplan en comunicación para formar una red de malla; (b) Mantener una conexión a un dispositivo de red ascendente; y (c) Gestionar los recursos agrupados de manera que el dispositivo de red ascendente se interconecte con los recursos agrupados como una única estación base, que comprende además la transferencia de una transmisión de datos desde el primer recurso de radio al segundo recurso de radio.

En una forma de realización alternativa, hay un método de virtualización implementado por ordenador que

comprende las etapas de: (a) Agrupar un primer recurso de radio de un primer nodo multi-RAT con un segundo recurso de radio de un segundo nodo multi-RAT, en el que el primer y segundo nodos multi-RAT se acoplan en comunicación para formar una red de malla; (b) Mantener una conexión a un dispositivo de red ascendente; y (c) Gestionar los recursos agrupados de manera que el dispositivo de red ascendente se interconecte con los recursos agrupados como una única estación base, en el que la gestión de los recursos agrupados comprende además asignar un portador de radio mediante el análisis de una calidad del valor de servicio, un valor de utilización de recursos de radio, o una métrica de prioridad de datos.

En una forma de realización alternativa, hay un método de virtualización implementado por ordenador que comprende las etapas de: (a) Agrupar un primer recurso de radio de un primer nodo multi-RAT con un segundo recurso de radio de un segundo nodo multi-RAT en el que el primer y el segundo nodo multi-RAT están acoplados en comunicación para formar una red de malla; (b) Mantener una conexión a un dispositivo de red ascendente; y (c) Gestionar los recursos agrupados de manera que el dispositivo de red ascendente se interconecte con los recursos agrupados como una única estación base, que comprende además: (a) inspeccionar dinámicamente un paquete de datos; (b) determinar un tipo de datos del paquete de datos; y (c) elegir el primer o segundo recurso de radio de acuerdo con el tipo de datos.

En una forma de realización alternativa, hay un método de virtualización implementado por ordenador que comprende las etapas de: (a) Agrupar un primer recurso de radio de un primer nodo multi-RAT con un segundo recurso de radio de un segundo nodo multi-RAT, en el que el primer y segundo nodos multi-RAT se acoplan en comunicación para formar una red de malla; (b) Mantener una conexión a un dispositivo de red ascendente; y (c) Gestionar los recursos agrupados de manera que el dispositivo de red ascendente se interconecte con los recursos agrupados como una única estación base, que comprende además almacenar en caché el contenido en un servidor de contenido local basándose en una característica del tráfico de datos dentro de la red.

En una forma de realización alternativa, hay un método implementado por ordenador para la paginación de un equipo de usuario "UE" dentro de una red de malla multi-RAT heterogénea que comprende las etapas de: (a) recibir una solicitud de ubicación para un UE desde una primera red; (b) usar una información de conexión de red para una segunda red para localizar el UE; y (c) enviar un mensaje de paginación al UE basándose en la información de conexión de red para la segunda red.

En una forma de realización alternativa, hay un método implementado por ordenador para la paginación de un equipo de usuario "UE" dentro de una red de malla multi-RAT heterogénea que comprende las etapas de: (a) recibir una solicitud de localización para un UE desde una primera red; (b) usar una información de conexión de red para una segunda red para localizar el UE; y (c) enviar un mensaje de paginación al UE en función de la información de conexión de red para la segunda red, en el que la segunda red es una red Wi-Fi y la información de conexión de red es información de conexión de red Wi-Fi.

Breve descripción de los dibujos

La **Figura 1** es una ilustración de una estación base virtualizada de la técnica anterior.
 La **Figura 2** es una ilustración de la arquitectura de red LTE de la técnica anterior.
 La **Figura 3** es una ilustración de una red de malla heterogénea sobre la que se pueden ejecutar formas de realización de la presente invención.
 La **Figura 4** ilustra la arquitectura interna de un nodo multi-RAT.
 La **Figura 5** es una ilustración de una arquitectura de una nube informática en formas de realización de la presente invención que tiene recursos virtualizados 3G, LTE y Wi-Fi.
 La **Figura 6** es una ilustración de la naturaleza bidireccional de los sistemas y métodos de virtualización descritos en el presente documento.
 La **Figura 7** ilustra la naturaleza bidireccional de la virtualización de las formas de realización de esta invención.
 La **Figura 8** ilustra un método de virtualización de una red de comunicación inalámbrica.

Definiciones

Las siguientes definiciones se incluyen para complementar descripciones adicionales dentro de la memoria descriptiva. Estos términos deben interpretarse como un experto en la técnica los entendería.

Acelerador es un dispositivo de hardware diseñado para acelerar el proceso, por ejemplo, un acelerador web es un

servidor proxy que acelera el acceso al sitio web.

eNodoB es una abreviatura de un Nodo B E-UTRAN. Un eNodoB es un elemento en el E-UTRA, que es la interfaz aérea de la Evolución a Largo Plazo "LTE" de 3GPP. Un eNodoB interactúa con el UE y aloja las capas física (PHY), de control de acceso al medio (MAC), control de enlace por radio (RLC) y protocolo de control de datos por paquetes (PDCP). También aloja la funcionalidad de control de recursos de radio (RRC) correspondiente al plano de control. Realiza muchas funciones, incluida la gestión de recursos de radio, el control de admisión, la programación, el cumplimiento de la QoS UL negociada, la difusión de información de celda, el cifrado/descifrado de los datos del plano de usuario y de control, y la compresión/descompresión de los encabezados de paquetes del plano de usuario DL/UL.

GTP-U se utiliza para transportar datos de usuario dentro de la red central del servicio general de paquetes de radio "GPRS" y entre la red de acceso de radio y la red central. Los datos de usuario transportados pueden ser paquetes en cualquiera de los formatos IPv4, IPv6 o PPP. Se usa el protocolo GTP-U en las interfaces S1-U, X2, S4, S5 y S8 del sistema de paquetes evolucionados (EPS). Los túneles GTP-U se utilizan para transportar T-PDU encapsuladas y mensajes de señalización entre un par dado de puntos finales de túnel GTP-U. El ID de punto final del túnel (TEID) que está presente en el encabezado GTP indica a qué túnel pertenece una T-PDU particular. El portador de transporte se identifica mediante el TEID GTP-U y la dirección IP (TEID de origen, TEID de destino, dirección IP de origen, dirección IP de destino).

La **red de malla heterogénea** se refiere al menos a dos nodos de malla dinámicos capaces de: usar diferentes protocolos, diferentes esquemas de duplexación, u operar en bandas de frecuencia dispares, o usar diferentes medios de transmisión/recepción, tal como cableado frente a inalámbrico. Los diferentes protocolos pueden incluir Wi-Fi, 2G, 3G, 4G, WCDMA, LTE, LTE Advanced, ZigBee, o Bluetooth. Los diferentes esquemas de duplexación pueden incluir los esquemas por división de tiempo, división de código y división de frecuencia. Las bandas de frecuencia dispares pueden incluir los llamados "espacios en blanco", canales VHF y UHF, bandas de telefonía celular, bandas de seguridad pública, y similares.

Proxy lu - un proxy es un servidor, que es un sistema informático o una aplicación que actúa como un intermediario para las solicitudes de clientes que buscan recursos de otros servidores. Un cliente se conecta al servidor proxy, solicitando algún servicio, tal como un archivo, conexión, página web u otro recurso disponible de un servidor diferente y el servidor proxy evalúa la solicitud como una forma de simplificar y controlar su complejidad. La interfaz lu es una interfaz externa que conecta el RNC a la red central. Un proxy lu es, por lo tanto, un proxy para la interfaz lu.

MME es el acrónimo de entidad de gestión de movilidad. La MME es el nodo de control clave para la red de acceso LTE. Es responsable del seguimiento y el procedimiento de paginación, incluidas las retransmisiones, y también del modo inactivo del equipo de usuario (UE). La MME también está involucrada en la activación del portador y sus procedimientos de desactivación, a su tarea también pertenece la elección de la SGW para un UE en proceso de conexión inicial y cuando se lleva a cabo el infra-traspaso que implica la reubicación del nodo de la red central (CN). La MME es responsable de autenticar al usuario ante el HSS, si el usuario está en itinerancia, la MME termina S6a la interfaz hacia el HSS local del usuario. Toda la señalización de estrato de no acceso (NAS) termina en el punto MME, que también es responsable de la generación y asignación de identidades de UE temporales (GUTI). Entre sus funciones también está la autorización de UE a la red móvil terrestre pública (PLMN) y el cumplimiento de las restricciones de itinerancia del UE, si las hubiera. La MME también es el punto de terminación del cifrado y la protección de integridad para la señalización NAS. La interceptación legal (LI) de la señalización también podría ser soportada por la entidad MME. También proporciona la función del plano de control para la movilidad entre redes LTE y 2G/3G mediante la interfaz S3 (de SGSN a MME), las funciones de la MME incluyen: Señalización NAS; seguridad de señalización NAS; señalización del nodo entre CN para la movilidad entre las redes de acceso 3GPP (terminación S3); capacidad de alcance de UE en el estado ECM-INACTIVO (incluyendo el control y la ejecución de la retransmisión de paginación); gestión de la lista de áreas de seguimiento; mapeo desde el UE, ubicación (por ejemplo, TAI) con respecto a la zona horaria, y señalización de un cambio de zona horaria del UE asociado a la movilidad; selección de GW PDN y GW de servicio; selección de MME para traspasos con cambio de MME; selección de SGSN para traspasos a redes de acceso 2G o 3G 3GPP; itinerancia (S6a hacia el HSS doméstico); autenticación; autorización; incluyendo las funciones de gestión de portadores el establecimiento dedicado de portadores; interceptación legal del tráfico de señalización; función de transferencia de mensaje de advertencia (incluida la selección del eNodoB apropiado); procedimientos de capacidad de alcance del UE.

La **PGW** es una pasarela "PDN" de la red de datos por paquetes, y también puede denominarse GW PDN. La PGW

proporciona conectividad al UE con las redes externas de datos por paquetes de datos al ser el punto de salida y entrada de tráfico para el UE. Un UE puede tener conectividad simultánea con más de una PGW para acceder a múltiples PDN. La PGW realiza la aplicación de políticas, el filtrado de paquetes para cada usuario, el soporte de cobro, la interceptación legal y el cribado de paquetes.

5

Proxy se define en el sentido tradicional como un sistema informático o una aplicación que actúa como un intermediario para las solicitudes de los clientes que buscan recursos de otros servidores. Un cliente se conecta al servidor proxy, solicitando algún servicio, tal como un archivo, conexión, página web u otro recurso disponible de un servidor diferente y el servidor proxy evalúa la solicitud como una forma de simplificar y controlar su complejidad.

10 También se usa el término "proxy" para referirse a un agregador o un agente de respaldo.

El **controlador SDN** es una aplicación en una red definida por software ("SDN") que gestiona el control de flujo para habilitar redes inteligentes. Los controladores SDN se basan en protocolos, tal como OpenFlow, que permiten a los servidores indicar a los conmutadores dónde enviar los paquetes. El controlador es el núcleo de una red SDN. Se encuentra entre los dispositivos de red en un extremo y las aplicaciones en el otro extremo. Cualquier comunicación entre aplicaciones y dispositivos tiene que pasar por el controlador. El controlador también utiliza protocolos tal como OpenFlow, para configurar dispositivos de red y elegir la ruta de red óptima para el tráfico de aplicaciones.

15

La **SGW** es el acrónimo de pasarela de servicio. La SGW enruta y reenvía paquetes de datos de usuario, a la vez que actúa como ancla de movilidad para el plano de usuario durante traspasos de eNodeB y como ancla para movilidad entre LTE y otras tecnologías 3GPP (termina la interfaz S4 y transmite el tráfico entre sistemas 2G/3G y GW PDN).

20

S1-GW es un acrónimo de una pasarela S1. S1-GW es una pasarela patentada que agrega las comunicaciones de eNodeB con la red central. En una arquitectura típica, cada eNodeB podría hablar directamente con el EPC. En las formas de realización descritas en el presente documento, se agregan estas comunicaciones para virtualizar todos los eNodeB o todas las estaciones base en un solo eNodeB o estación base.

25

El **dispositivo de red ascendente** es una MME, SGW o cualquier dispositivo de hardware que forme parte de la red central.

30

WAG/MAG es una pasarela de acceso inalámbrico/pasarela de acceso de movilidad. La pasarela de acceso inalámbrico ("WAG") proporciona interconexión entre las redes de acceso y 3GPP. La WAG gestiona los túneles IP, las mediciones de QoS y es responsable de la itinerancia. El término TWAG, significa pasarela de acceso inalámbrico de confianza. Los nodos de la pasarela de acceso de movilidad ("MAG") proporcionan la función de agente de movilidad para la gestión de la movilidad, la gestión de la movilidad del terminal móvil con respecto al ancla de movilidad local ("LMA") y el establecimiento y la liberación de un túnel de transporte de datos de usuario para la dirección IP asignada por la red de datos por paquetes ("PDN").

35

El **traspaso X2** es un traspaso que se produce a través de una interfaz X2. Una interfaz X2 es un nuevo tipo de interfaz introducida por la red de acceso de radio LTE. Conecta los eNodeB vecinos de manera entre pares para facilitar el traspaso y proporcionar un medio para una rápida coordinación de los recursos de radio.

40

Descripción detallada

45

Las formas de realización de virtualización descritas en el presente documento comprenden métodos y un medio legible por ordenador configurado para ejecutar estos métodos en una red de comunicación inalámbrica de malla heterogénea que incluye una nube informática como parte de la red. Los detalles completos del funcionamiento de la red de malla heterogénea se pueden encontrar en la Solicitud de Patente de Estados Unidos N.º 13/889631, presentada el 8 de mayo de 2013, titulada "Heterogeneous Mesh Network and a Multi-RAT Node Used Therein".

50

Cabe destacar que, cuando se analiza una red de malla heterogénea, se debe entender que podría haber un enlace de retorno sin malla dentro de la red. El enlace de retorno sin malla podría estar compuesto por una o más conexiones cableadas a la nube informática u otro dispositivo de red. De forma similar, podría haber enlaces de retorno inalámbricos no combinados que forman parte de la red de malla heterogénea. Estas variaciones son cambios en la topología de la red que un experto en la técnica entendería cómo hacer y que no cambiaría la inventiva de las formas de realización descritas en el presente documento.

55

La **Figura 3** representa una red de malla heterogénea ejemplar **300** sobre la que se pueden ejecutar las formas de

realización de virtualización descritas en el presente documento. La red de malla heterogénea **300** está compuesta por tres nodos con tecnología de acceso de radio múltiple ("multi-RAT") **310, 320, 330** y un componente de nube informática **340**. A modo de ejemplo, y sin limitación, cada nodo multi-RAT **310, 320, 330** tiene una radio de acceso y una radio de retorno. Como se puede ver en la **Figura 3**, la red de malla heterogénea **300** incluye nodos multi-RAT **310, 320, 330** con arquitectura variada. Esta arquitectura variada les permite transmitir y recibir en innumerables frecuencias, protocolos, esquemas duplexación y tecnologías de acceso a los medios. Si bien cada nodo multi-RAT **310, 320, 330** se representa con una sola radio de acceso y una sola radio de retorno, en formas de realización adicionales, estos nodos multi-RAT **310, 320, 330** tendrán más de una radio de acceso y/o de retorno. Las conexiones de retorno **315, 317, 325** entre los nodos multi-RAT **310, 320, 330** pueden ser inalámbricas en la red de malla heterogénea **300**. En una forma de realización, el nodo multi-RAT **330** puede tener una conexión cableada **335** a la nube informática **340**.

La **Figura 4** ilustra la arquitectura interna de un nodo multi-RAT **400** utilizado en las presentes formas de realización de virtualización. El nodo multi-RAT **400** está compuesto por al menos un procesador **410**, hardware de acceso **420**, hardware de red **430**, un front-end RF **440** y una fuente de temporización **450**. A modo de ejemplo, al menos un procesador **410** podría contener firmware escrito en Linux. Adicionalmente, el front-end RF **440** puede configurarse para proporcionar capacidades de RF para múltiples tecnologías de acceso de radio. En una forma de realización, la fuente de temporización podría ser GPS. Como alternativa, la fuente de temporización podría derivarse de Ethernet, o una fuente IEEE 1588, tal como SyncE, PTP/1588v2, y similares.

Haciendo referencia de nuevo a la **Figura 3**, el componente de nube informática **340**, o "nube informática" para abreviar, está compuesto por software que puede ejecutarse en cualquier servidor de propósito general. El componente de nube informática **340**, en algunas formas de realización, puede ejecutarse en un servicio de nube alojado y seguro, tal como los ofrecidos por Citrix o Amazon. El componente de nube informática **340** incluye una memoria para almacenar los métodos legibles por ordenador de las formas de realización descritas. La memoria también puede almacenar información de red adicional, tal como tablas de enrutamiento, condiciones ambientales, parámetros operativos y similares. El medio de memoria también puede ser un medio de memoria distribuido, por ejemplo, por razones de seguridad, o en la situación en la que más de una vez la nube informática **340** es parte de la red de comunicación, los datos pueden distribuirse entre los medios de memoria en cada componente de nube informática **340** o incluso en la memoria de los nodos multi-RAT **310, 320, 330** que forman parte de la red. Además, el medio de memoria puede ser una de las redes a las que se acopla la red actual, por ejemplo, una red de área de almacenamiento, un controlador de red definida por software y similares. La nube informática está compuesta además por un procesador y una interfaz de red que facilita la comunicación con al menos un nodo multi-RAT **310, 320, 330**.

La **Figura 5** ilustra una red de comunicación inalámbrica virtualizada **500**. Esta red de comunicación inalámbrica virtualizada **500** incluye nodos multi-RAT **512, 514, 516** acoplados en comunicación a una nube informática **530**. En la forma de realización mostrada en la **Figura 5**, uno de los nodos multi-RAT **516** tiene una conexión cableada **528** con la nube informática, mientras que otro nodo multi-RAT **512** tiene una conexión inalámbrica **524** con la nube informática. El tercer nodo multi-RAT **514** está acoplado en comunicación a la nube informática **530** a través de sus conexiones inalámbricas **522, 526** a sus vecinos, que están conectados a su vez directamente a la nube informática **530**. Aunque la **Figura 5** muestra tres nodos multi-RAT **512, 514, 516**, los expertos en la técnica entienden que se podría crear una red con tan solo dos nodos multi-RAT. De manera similar, las conexiones **522, 524, 526** entre los nodos multi-RAT **512, 514, 516** podrían ser cableadas o inalámbricas. En estas formas de realización, solo se puede conectar un nodo multi-RAT **512, 514, 516** en una red a la nube informática **530**; y esa conexión podría ser cableada o inalámbrica, aunque una conexión cableada sería más fiable.

La nube informática **530** está compuesta además por un procesador de propósito general **532** y un acelerador **534**. El procesador **532** podría ser una unidad central de procesamiento. Adicionalmente, aunque solo se muestran un procesador **532** y un acelerador **534**, los expertos en la técnica entenderán que podría haber más de uno, el otro, o ambos en la nube informática **530**. La nube informática **530** está acoplada en comunicación a una red central **540**, que cree que solo está conectada a un solo dispositivo, tal como una estación base única, en lugar de estar conectada a más de un nodo multi-RAT **512, 514, 516** en el otro lado de la nube informática **530**.

Se debe entender que la arquitectura general de la red de comunicación inalámbrica **500** es escalable y puede distribuirse debido a la naturaleza de la nube informática **530**. En términos de escalabilidad, la red de comunicación inalámbrica **500** es escalable en al menos dos formas. Primero, aunque se muestran tres nodos multi-RAT **512, 514, 516** acoplados a la nube informática **530**, esta arquitectura podría admitir cientos, miles, varios miles y millones de nodos multi-RAT sin sobrecargar la red central.

En segundo lugar, se muestra una sola nube informática **530**. El componente de nube informática **530** también es escalable, lo que significa que podría haber numerosas nubes informáticas **530**. Cada una de estas nubes informáticas adicionales **530** podría contener una lógica similar o la lógica podría distribuirse. Si se distribuyera la lógica, las dos o más nubes informáticas **530** podrían comunicarse entre sí mediante un protocolo basado en XML. Algunos de los tipos de información que podrían compartirse a través de este protocolo son, por ejemplo, las condiciones ambientales en la red respectiva de cada nube informática **530**, la disponibilidad de recursos adicionales que se compartirán si es necesario, una consulta de una nube informática **530** para coordinar un traspaso, y similares.

La **Figura 6** muestra una red de comunicación virtualizada **600** con tecnologías de radio ejemplares de: 3G, Wi-Fi y LTE. La elección de estas tecnologías de radio es solo ilustrativa y no pretende limitar el alcance de la descripción en el presente documento. La funcionalidad general de la red de comunicación inalámbrica virtualizada representada en la **Figura 6** no pretende ser diferente en un sentido general de la funcionalidad representada en la **Figura 5**. En su lugar, la **Figura 6** muestra una implementación más específica de una red de comunicación inalámbrica virtualizada que tiene tres tecnologías inalámbricas específicas dentro de la red: 3G, LTE, y Wi-Fi. En una red de comunicación inalámbrica virtualizada diferente que tiene diferentes tecnologías de radio, los contenidos internos específicos de la nube informática **630** se alterarían para adaptarse a las tecnologías de comunicación inalámbrica operativas dentro de la red.

Como se puede ver en la **Figura 6**, los tres nodos multi-RAT **612**, **614**, **616** están acoplados en comunicación a la nube informática **630** a través de una conexión cableada desde el nodo multi-RAT **616** a la nube informática **630**. Dentro de la nube informática, hay procesadores y aceleradores específicos para LTE, que se muestra como proxy S1 **633**, Wi-Fi, que se muestra como WAG/MAG **631**, y 3G, que se muestra como proxy lu **632**. El proxy S1 **633** en esta forma de realización es una entidad de software que virtualiza la existencia de todas las radios LTE dentro de los nodos multi-RAT **612**, **614**, **616** y facilita los traspasos hacia y desde LTE. En una forma de realización alternativa, el proxy S1 **633** podría personalizarse aún más añadiendo extensiones patentadas entre los nodos multi-RAT **612**, **614**, **616** y el proxy S1 **633**. Esta forma de realización del proxy S1 **633** se denomina un proxy S1/S1' porque en un lado del proxy, estaría relacionado con la red central **640** en una forma estándar de S1, pero en el otro lado del proxy estaría interactuando con la porción LTE de los nodos multi-RAT **612**, **614**, **616** en una forma no estándar.

El proxy lu **632** es una entidad de software que virtualiza las radios 3G en los nodos multi-RAT **612**, **614**, **616** y facilita los traspasos hacia y desde 3G. La pasarela de acceso inalámbrico/pasarela de acceso móvil "WAG/MAG" **631** controla múltiples puntos de acceso, proporciona conectividad inalámbrica, y facilita el traspaso entre redes Wi-Fi y redes LTE para los nodos multi-RAT **612**, **614**, **616**. En formas de realización adicionales de WAG/MAG **631**, es posible que pueda acceder a los datos almacenados en la tarjeta SIM de un UE que recibe servicio de un nodo multi-RAT **612**, **614**, **616** para autenticar al UE y permitirle una conectividad sin problemas a puntos de acceso Wi-Fi.

ePDG **634** es una función de interfuncionamiento definida por estándares entre PDN e interfaces inalámbricas no estandarizadas por 3GPP no fiables, tal como Wi-Fi. La **Figura 6** también incluye dos pasarelas, una pasarela LTE **635** y una pasarela 3G/Wi-Fi **636**. Estas pasarelas **635**, **636** son opcionales. En esta forma de realización, las pasarelas proporcionan una conexión a una red local **650** y un servidor de contenido local **655**. En la técnica anterior, el contenido y el acceso a los servidores se realizaban típicamente en un centro de datos regional o nacional, que típicamente estaba ubicado a una gran distancia de la mayoría de las redes inalámbricas. En esta forma de realización, se proporciona acceso a la red local **650** y un servidor de contenido local **655** para reducir los costes de tráfico asociados con el acceso a los servidores o el contenido. Además, el contenido local podría compartirse con muchos usuarios dentro de una red. Por ejemplo, los horarios de películas locales, noticias, restaurantes, redes sociales, y similares, podrían estar disponibles en el servidor de contenido local **655**.

En formas de realización alternativas que utilizan una arquitectura similar, la nube informática **630** podría contener un módulo de software que le permita llevar a cabo una inspección profunda de paquetes. En estas formas de realización, la inspección profunda de paquetes podría usarse para distinguir diversos tipos de datos, por ejemplo, voz frente a datos, o vídeo frente a voz. Esta distinción, que también puede ser una distinción de QoS, se podría usar para hacer determinaciones de portadores de radio, para elegir una red disponible, para cambiar la prioridad de los datos, y similares.

En la técnica anterior, no había necesidad de pasarelas que usaran diferentes protocolos para comunicarse entre sí. Por ejemplo, una MME no tendría que comunicarse con una PDN. Estos dispositivos estaban físicamente

separados. En las presentes formas de realización virtualizadas, se conecta con una MME y una PDN y otras pasarelas de una manera virtualizada. En la arquitectura ejemplar de la **Figura 6**, se imita un eNodeB LTE tradicional con proxy S1 **633** y se aloja una TWAG **631** dentro de la nube informática **630**. En la técnica anterior, un ANDSF haría una asignación de portador inicial para un paquete de datos o un paquete de voz. Esta asignación no fue dinámica, sino que se realizó como un asunto inicial. En la arquitectura de la nube informática **630**, se ha colocado una TWAG **631** y una pasarela S1, que forma parte del proxy S1 **633**. Esta colocación permite llevar a cabo asignaciones dinámicas y, lo que es más importante, reasignaciones de portadores en una diversidad de redes.

10 Además, la inspección profunda de paquetes se podría utilizar para agregar datos en una especie de "grandes datos". Con esto, se refiere a la agregación de datos que se puede usar independientemente de una red de comunicación inalámbrica. Un ejemplo de cómo se pueden usar grandes datos es marcar las tendencias sociales para el marketing regional y similares.

15 Además de la inspección profunda de paquetes, la nube informática **630** también puede llevar a cabo almacenamiento en caché de contenido. En esta forma de realización, la nube informática **630** podría determinar los diez clips de YouTube más populares en tiempo real. La nube informática **630** podría usar esta determinación y su función de almacenamiento en caché de contenido para guardar copias locales de estos diez vídeos más populares de YouTube en el servidor de contenido local **655**. Los expertos en la técnica reconocerán que la nube informática **630** podría tomar esta determinación al señalar la web el tráfico de los UE dentro de su área de cobertura o dentro de un área más grande en la medida en que la red se haya escalado para incluir múltiples nubes informáticas **630**. De forma similar, los expertos en la técnica reconocerán que este tipo de almacenamiento en caché de contenido podría aplicarse a muchos tipos diferentes del contenido, incluidos programas de televisión, artículos de noticias, libros o cualquier contenido en línea.

25 La nube informática **630** también actúa como una pasarela de seguridad. Asegura el tráfico de red a la pasarela MME y la pasarela S1 al proporcionar protocolos de seguridad estándar, tal como un concentrador de VPN. Además, la nube informática **630** tiene la inteligencia para proporcionar un servicio basado en la ubicación, tal como el clima, el tráfico, las noticias y similares.

30 La nube informática **630** cumple la función de agrupar los recursos de la red de comunicación inalámbrica virtualizada **600**. Cada uno de los nodos multi-RAT **612**, **614**, **616** incluye hardware para múltiples tecnologías de radio. Los recursos de los nodos multi-RAT se agrupan para que la nube informática **630** pueda asignar esos recursos de manera eficiente en tiempo real y dinámica. Toda esta toma de decisiones y la combinación de recursos se lleva a cabo detrás del escenario, por así decirlo; y la red central **640** desconoce cómo se asignan los recursos o que hay más de una estación base detrás de la nube informática **630**. En algunas formas de realización, la determinación de cómo asignar los recursos de radio de manera más eficiente se puede lograr mediante métodos de autoorganización, autooptimización, autorrecuperación conocidos como "SON", y se describen más detalladamente en la Solicitud de Patente de Estados Unidos N.º 14/024717, titulada "Heterogeneous Self-Organizing Network for Access and Backhaul", presentada el 12 de septiembre de 2013, cuyo contenido en su totalidad se incorpora por la presente por referencia.

La nube informática **630** controla continuamente las condiciones ambientales tales como la relación señal-ruido, latencia, etc., dentro de la red de comunicación inalámbrica virtualizada **600**. Tiene una lista almacenada de parámetros operativos, tales como los diversos niveles de potencia de cada nodo multi-RAT **612**, **614**, **616**, usándose tablas de enrutamiento para datos, usándose los protocolos operativos y las frecuencias por cada nodo multi-RAT **612**, **614**, **616** que pueden modificarse dinámicamente para explicar condiciones ambientales menos que óptimas, tal como alta relación señal/ruido, alta latencia, o medidas de calidad de servicio que están por debajo de un cierto umbral. Estas condiciones ambientales son meramente ilustrativas y no pretenden ser limitantes.

50 Es bien sabido en la técnica que ciertas condiciones sistémicas afectan al rendimiento de la red. Se hace referencia a estas condiciones como "condiciones ambientales". Si bien se han enumerado muchas de las condiciones ambientales que afectan al rendimiento de la red, esta lista no pretende ser exhaustiva, sino meramente ilustrativa de lo que los expertos en la técnica entienden sobre el efecto de las condiciones ambientales en el rendimiento de la red.

En diversos puntos en el tiempo, las redes de malla pueden incluir nodos multi-RAT, equipos de usuario acoplados en comunicación a nodos multi-RAT y/o una nube informática. Desde la perspectiva de la red, por lo tanto, las condiciones ambientales y los parámetros operativos existen para todos estos participantes dentro de la red de

mallas.

El componente de nube **630** puede obtener múltiples de mediciones de condiciones ambientales. Algunas de las condiciones ambientales relacionadas con una red de malla heterogénea incluyen: una medición de interferencia, una medición de capacidad, una medición de eficiencia de espectro, una ruta de enrutamiento, una medición de congestión de la red, una medición de rendimiento, una medición de latencia, una brecha de cobertura, una relación señal-ruido, una medición de calidad de servicio, un valor de utilización del portador de radio, una porción disponible del espectro, una medición de equilibrio de carga, el estado de una red de malla heterogénea operativa, el estado de un nodo multi-RAT dentro de la red de malla heterogénea, información de identificación con respecto a un nodo multi-RAT, el estado de una conexión cableada dentro de la red de malla heterogénea, una restricción de frecuencia, una medición de intensidad de señal del nodo multi-RAT vecino, una solicitud para unirse a la red de malla heterogénea, o la existencia de un nodo oculto, y similares. Por lo tanto, a diferencia del hardware de nodo virtualizado de la técnica anterior, las mediciones de la condición ambiental de múltiples nodos dentro de la red de comunicación virtualizada pueden reunirse en el componente de la nube, analizarse y después utilizarse para notificar, controlar, ajustar o reconfigurar uno, más de uno, o todos los consumidores de la red de comunicación virtualizada.

En una forma de realización alternativa, los módulos SON descritos en el presente documento podrían armonizarse con una red externa de terceros que tenga su propio conjunto de condiciones ambientales y parámetros operativos. Estas condiciones ambientales de terceros o parámetros operativos de terceros podrían ser cualquiera de las condiciones ambientales o parámetros operativos descritos en el presente documento con respecto a la red SON. En estas formas de realización, una interfaz basada en XML podría facilitar la comunicación entre un servidor de nube informática o un nodo multi-RAT que contiene módulos SON descritos en el presente documento y la red de terceros. Cuando el módulo SON recibe una condición ambiental de un tercero o un parámetro operativo de un tercero, tal como una frecuencia operativa, puede ajustar un parámetro operativo dentro de su propia red interna, por ejemplo, alterando la frecuencia operativa de un nodo multi-RAT que puede estar experimentando interferencias relacionadas con su proximidad a la red de terceros. La armonización entre las redes SON descritas en el presente documento y las redes de terceros podría servir para utilizar mejor los recursos entre tanto las redes SON como las redes de terceros, por ejemplo, mitigando la interferencia, coordinando transferencias, compartiendo el espectro no utilizado, y similares.

Las condiciones ambientales específicas de los nodos multi-RAT incluyen: un número de identificación de nodo multi-RAT, un número de identificación para el software almacenado en un nodo multi-RAT, un parámetro de seguridad, una ubicación de un nodo multi-RAT, un certificado de configuración de un nodo multi-RAT, una solicitud de autenticación, una frecuencia operativa o una solicitud de transferencia, y similares.

Las condiciones ambientales relacionadas con equipos de usuario específicos a los que se presta servicio mediante nodos multi-RAT también pueden medirse y transmitirse a nodos multi-RAT dentro de la red de malla. Algunas de estas condiciones ambientales, que también podrían ser procesadas por las formas de realización SON descritas, incluyen: un intervalo desde un equipo de usuario a un nodo multi-RAT, la dirección de recorrido de un equipo de usuario, una velocidad de viaje de un equipo de usuario, una intensidad de señal de un equipo de usuario, una ubicación de un equipo de usuario, o una aplicación de mapeo almacenada en un equipo de usuario, un canal operativo, y similares.

Las condiciones ambientales mencionadas anteriormente se podrían medir mediante un nodo multi-RAT **512**, **514**, **516**. Se podrían calcular en un procesador en un nodo multi-RAT **512**, **514**, **516** o en un procesador **532** en una nube informática **530**. De manera similar, podrían almacenarse en una memoria caché dentro de un nodo multi-RAT **512**, **514**, **516** o en una nube informática **530** o distribuirse por toda la red.

Los parámetros operativos que pueden ajustarse incluyen: nivel de potencia, canal, subcanal, banda de frecuencia, frecuencia de subportadora, asignación de espectro, configuración de acceso, configuración de retorno, cliente, servidor, ruta de enrutamiento, dirección IP, instancia de autoconfiguración, nombre de dominio completo totalmente cualificado ("FQDN"), dirección de protocolo de configuración dinámica de anfitrión ("DHCP"), configuración de retorno, proveedor de red (por ejemplo, AT&T, Verizon, T-Mobile y similares), participación dentro de una red de malla, y similares.

La **Figura 7** ilustra la naturaleza bidireccional de la virtualización de las formas de realización de esta invención. El primer tipo de virtualización es la virtualización desde la perspectiva de la red central. La **Figura 7** muestra dos redes de comunicación inalámbricas **710**, **720** que comprenden nodos multi-RAT **722**. Ambas redes de comunicación

inalámbrica **710**, **720** están acopladas en comunicación a la nube informática **730**. Aunque la **Figura 7** muestra dos conexiones separadas a la nube informática **730**, la red de comunicación **710** podría estar acoplada en comunicación a la red de comunicación **720**, que a su vez podría proporcionar el acoplamiento comunicativo para ambas redes a la nube informática **730** en una forma de realización alternativa. Asimismo, aunque la **Figura 7** muestra siete nodos multi-RAT, el número de nodos podría ser tan pequeño como dos y no puede tener un límite superior.

Para fines de ilustración, la **Figura 7** incluye dos redes centrales **740**, **750**. A modo de ejemplo, una de las redes centrales **740** podría ser una red de AT&T, y una de las redes centrales **750** podría ser una red de Verizon. Los métodos y aparatos de virtualización descritos en el presente documento crean una virtualización dual o bidireccional de la siguiente manera. Desde la perspectiva de la red central de AT&T **740**, ve su conexión con la nube informática **730** como una conexión a una única estación base. De manera similar, desde la perspectiva de la red central de Verizon **750**, ve su conexión con la nube informática **730** como una conexión única a una única estación base. Ninguna de las redes centrales **740**, **750** es consciente de la otra.

Los datos de comunicación dentro de la red se han resumido como se describe más detalladamente en la Solicitud de Patente de Estados Unidos N.º 13/889631 presentada el 8 de mayo de 2013 y titulada "Heterogeneous Mesh Network and a Multi-RAT Node Used Therein". Como tal, los datos son agnósticos con respecto a la frecuencia, el protocolo, el esquema de duplexación y la tecnología de acceso a los medios. Estos datos resumidos no se multiplexan incorrectamente ni se codifican con información de encabezado para indicar al EPC o la red central que se están dando servicio a múltiples tecnologías de radio diferentes. La señalización que tiene lugar entre la nube informática **730** y la red central **740**, **750** es el mismo tipo de señalización que ocurriría entre una estación base y la red central **740**, **750** en algunas formas de realización. En formas de realización alternativas, la señalización entre la nube informática **730** y la red central **740**, **750** podría ser similar al tipo de señalización que se produce entre una estación base y la red central **740**, **750**, si por ejemplo, estuviéramos usando un proxy S1/S1' y extensiones patentadas personalizadas entre nodos multi-RAT y el proxy S1/S1'.

El segundo tipo de virtualización es desde la perspectiva de un nodo multi-RAT individual **722**. El nodo multi-RAT **722**, que forma parte de una red de malla, está acoplado en comunicación a la nube informática **730**. La naturaleza de una red de malla permite llevar a cabo ajustes dinámicos dentro de la red. La nube informática **730** supervisa esos ajustes dinámicos mediante la evaluación continua de las condiciones ambientales y los parámetros operativos para poder llevar a cabo cambios dinámicos dentro de la red. Algunos de esos cambios podrían ser, por ejemplo, un cambio de un canal de acceso LTE a un canal de acceso a espacios en blanco para que el nodo multi-RAT **722** mejore su eficiencia. En esta situación, se podría indicar al nodo multi-RAT **722** por la nube informática **730** que cambie su radio de acceso a una radio de espacio en blanco. La nube informática **730** podría instruir al nodo multi-RAT **722** en cuanto a qué frecuencia cambiar dentro de un sector de espacio en blanco. Antes de recibir esta instrucción, el nodo multi-RAT **722** puede haber ignorado la disponibilidad de una red de espacio en blanco, o qué frecuencias dentro de la red de espacio en blanco estaban disponibles. De esa manera, las redes a las que está conectada la nube informática **730** se virtualizan desde la perspectiva de cualquier nodo multi-RAT **722**. Además, a diferencia de los métodos de virtualización de la técnica anterior, las frecuencias dentro de la red de espacios en blanco no necesitan ser dedicadas o asignadas exclusivamente a un consumidor del recurso virtualizado.

En formas de forma de realización de métodos alternativos de la presente invención, se han creado métodos implementados por ordenador para virtualizar una red, de modo que la red central crea que la red virtualizada es una estación base única, cuando en realidad la red virtualizada es muchas estaciones base. De alguna manera, esto es lo inverso de la virtualización típica: la versión de virtualización de tenencia múltiple. Las etapas implementadas por ordenador de la presente invención podrían ocurrir dentro de un dispositivo de memoria almacenado en la nube informática **340**, **530**, **630** o **730** o de manera distribuida.

La **Figura 8** muestra estas etapas. En la primera etapa, la nube informática **340**, **530**, **630** o **730** agrupa **810** los recursos de radio de los nodos multi-RAT dentro de una red de comunicación inalámbrica. Para hacer una red, tiene que haber más de un único nodo multi-RAT participando activamente dentro de la red. En algunas formas de realización, los nodos multi-RAT podrían tener los mismos recursos de radio; y en otras formas de realización, sus recursos de radio podrían ser variados. Por ejemplo, en una red de comunicación inalámbrica, podría haber cuatro nodos multi-RAT, cada uno con una radio Wi-Fi y una radio LTE. Los recursos agrupados serían, por lo tanto, cuatro radios Wi-Fi y cuatro radios LTE. En una forma de realización diferente que tiene cuatro nodos multi-RAT, los recursos agrupados podrían ser: dos radios de espacio en blanco de TV; tres radios LTE, dos radios Wi-Fi y una radio 3G. En cualquiera de estas formas de realización, los recursos agrupados se pueden usar para acceso o retorno.

En la siguiente etapa de este método de virtualización, la nube informática **340, 530, 630 o 730** mantiene **820** una conexión con una red central o un dispositivo ascendente. La nube informática **340, 530, 630 o 730** podría establecer una conexión con una red central o un dispositivo de red ascendente y luego mantener esa conexión.

5 Podría mantener múltiples conexiones a múltiples redes centrales o dispositivos ascendentes también.

La nube informática **340, 530, 630 o 730** también en este método de virtualización gestiona **830** los recursos de radio agrupados, de modo que la red central o el dispositivo de red ascendente crea que tiene una sola conexión a una estación base. La red central o los dispositivos de red ascendente desconocen cuántos recursos de radio están siendo gestionados **830** por la nube informática, del hecho de que los recursos de radio se han agrupado, etc. En el pasado, las redes de radio, las políticas de los operadores, los acuerdos de servicio entre los proveedores de servicios y sus clientes, diferentes parámetros operativos, y similares, han dado como resultado la partición y segregación de los recursos de radio. Las formas de realización de virtualización descritas en el presente documento abordan estos inconvenientes.

15 Una de las metas de la nube informática **340, 530, 630 o 730**, que se encuentra detrás de la cortina de la virtualización, es la gestión eficiente de todos sus recursos de radio agrupados. Esta gestión puede entrar en juego en muchos ciclos de vida de comunicación diferentes que se producen dentro de una red de comunicación. Existe el establecimiento de una llamada o conexión de datos. Existe el mantenimiento continuo de la llamada en curso o la sesión de datos. Hay una decisión de traspaso, solicitudes de paginación, requisitos de retorno. Hay condiciones ambientales como se analiza anteriormente que afectan continuamente al rendimiento de la red. Hay fallas en los equipos que afectan al rendimiento. La nube informática **340, 530, 630 o 730** toma en consideración estos factores cuando gestiona **830** los recursos de radio agrupados.

25 En términos de la gestión de los recursos de radio, esta gestión podría realizarse de varias maneras diferentes. En una forma de realización, una forma de realización de virtualización completa, múltiples operadores pueden compartir completamente todos los recursos de radio disponibles. Los recursos de radio no están reservados para ningún operador. Cualquier abonado de cualquier operador puede usar todos los recursos de radio disponibles en cualquier momento. En una segunda forma de realización, la virtualización dividida, la nube informática **340, 530, 630 o 730** podría almacenar en una memoria una lista de recursos de radio dedicados reservados para cada operador. Si los recursos de radio dedicados a un operador en particular se utilizan completamente, se denegará una conexión de red o una solicitud de conexión de un abonado que pertenezca a ese operador.

35 En una tercera forma de realización, la virtualización de acceso equitativo, la nube informática **340, 530, 630 o 730** podría almacenar en una memoria una lista de recursos de radio dedicados reservados para operadores específicos y un conjunto de recursos de radio no reservados. En esta forma de realización, si los recursos de radio para un operador en particular se utilizaran completamente, la nube informática **340, 530, 630 o 730** podría proporcionar un recurso de radio para ese operador del grupo de recursos de radio no reservados. En una cuarta forma de realización, la virtualización desequilibrada, la nube informática **340, 530, 630 o 730** podría proporcionar recursos de radio dedicados a un subconjunto de operadores, al mismo tiempo que proporciona un grupo de recursos de radio no reservados para el mismo o un subconjunto diferente de operadores, o para todos los operadores.

45 En formas de realización adicionales, la nube informática **340, 530, 630 o 730** podría gestionar **830** recursos de radio agrupados asignando un portador de radio a la luz de un valor de calidad de servicio, un valor de utilización de recursos de portador de radio, u otras métricas de prioridad de datos tal como un valor de prioridad de datos, un tipo de datos, relaciones contractuales con operadores de red, o un acuerdo de nivel de servicio.

El control de admisión de llamadas puede determinar si una solicitud de llamada será admitida o rechazada en función de los recursos virtualizados disponibles por operador para garantizar la calidad del servicio solicitado. Si se acepta una llamada, se puede mantener la calidad del servicio de las llamadas existentes. El control de admisión de llamadas puede utilizar las formas de realización de virtualización descritas en el presente documento para admitir o rechazar nuevas llamadas.

55 Las formas de realización adicionales de los sistemas descritos en el presente documento podrían incluir la virtualización en capas. En estas formas de realización, la arquitectura básica mostrada en la **Figura 3** podría repetirse N veces, creando un total de N servidores de nube informática **340, 530, 630 o 730**. Estos N servidores de nube informática **340, 530, 630 o 730** podrían incluir módulos almacenados en la memoria interna que virtualizan el número total de servidores de nube informática, lo que hace que parezca que solo hay un punto de contacto con el EPC, que parece ser un eNodeB o una estación base. Una ventaja de estas formas de realización del sistema es

que, desde la perspectiva de la red central, solo hay una conexión que requiere la gestión de métricas tal como transferencias, paginación, mediciones de QoS, facturación y similares. Además, el uso de múltiples nubes, en diferentes redes, crea redundancia virtual. Las eficiencias resultantes incluyen la reutilización de la frecuencia, la maximización de los recursos de la red a través de múltiples tecnologías de radio, una reducción significativa en la sobrecarga de gestión del núcleo y similares.

Las formas de realización descritas en el presente documento reducen los costes del sistema para los trasposos debido a que la nube informática **340, 530, 630 o 730** optimiza los trasposos entre las tecnologías de radio agrupadas. La nube informática **340, 530, 630 o 730** realiza un seguimiento de todos los trasposos para cada uno de los nodos multi-RAT dentro de su red. Cuando un UE se mueve del área de cobertura de un nodo multi-RAT a otro, la nube informática **340, 530, 630 o 730** absorbe la movilidad en el lado de transferencia enviando todos los paquetes destinados a ese UE al nuevo nodo multi-RAT que está dando servicio al UE. Estos paquetes podrían incluir datos de anclaje. Específicamente, la nube informática **340, 530, 630 o 730** reemplaza la función tradicional de la MME con respecto a la señalización entre una MME y una estación base tradicional.

Los nodos multi-RAT **612, 614, 616** de las formas de realización descritas en el presente documento se coordinan con la nube informática **630** para llevar a cabo trasposos de UE de una manera que sea invisible para la MME. Estos mismos beneficios se pueden obtener en redes que se han escalado para incluir grandes números de nodos multi-RAT o múltiples nubes informáticas. Al llevar la señalización a la MME fuera del escenario de transferencia, el tráfico de datos a la MME, y por lo tanto a través de la red central, se reduce considerablemente. La nube informática **630** tiene una vista global de la carga experimentada por cada nodo multi-RAT **612, 614, 616** al que se acopla en comunicación. Esta vista global permite que la nube informática **630** logre una carga de red óptima descargando selectivamente los UE del borde de la celda a las celdas vecinas mediante la redirección inteligente, así como la planificación del radio de la celda. Además, la nube informática **630** puede usar la activación de TWAG para liberar el contexto LTE en la MME y en un nodo multi-RAT **612, 614, 616**. En estas formas de realización, el EPC no tiene que ser informado cada vez que se produce una transferencia, por reduciendo de este modo en gran medida los costes operativos de la red.

Las formas de realización de virtualización descritas en el presente documento también reducen los costes operativos de la red en términos de paginación. Actualmente, cuando un UE está en modo inactivo y la red central debe llegar al UE, por ejemplo, para conectar una llamada, la red central envía una página al UE. La red central generalmente envía un mensaje de paginación a la estación base que presta servicio previamente al UE y quizás a otras estaciones base dentro de la misma área de seguimiento que la última estación base activa del UE. Si el UE no puede ubicarse cerca de su última ubicación conocida, la red central comenzará a ampliar su búsqueda para que el UE envíe mensajes de paginación a una audiencia cada vez más amplia de estaciones base.

Estos métodos y sistemas de virtualización se prestan a una forma más precisa de localizar un UE. En las formas de realización virtualizadas descritas en el presente documento, la nube informática **340, 530, 630 o 730** tiene más información sobre cualquier UE en particular que la red central o un dispositivo de red ascendente que pueda tener en un momento dado. La nube informática **340, 530, 630 o 730**, debido a que es un nodo agregador que se encuentra entre una red de malla multi-RAT y la red central, tiene acceso a información relacionada con las actividades de cualquier UE en otras redes, tal como redes Wi-Fi. Si, por ejemplo, un UE en particular estuviera en modo INACTIVO en una red LTE, pero estuviera descargando contenido de un servidor local a través de una conexión Wi-Fi, la nube informática **340, 530, 630 o 730** sabría cuándo llegará una página para ese UE, dónde estaba ubicado, y qué nodo multi-RAT debe paginarse. En este ejemplo, la nube informática **340, 530, 630 o 730** podría incluir una TWAG, lo que le permitiría usar el conocimiento de conexión Wi-Fi para localizar más rápidamente un UE determinado. De manera similar, si un UE estaba conduciendo y estaba usando su GPS para propósitos de navegación, la nube informática **340, 530, 630 o 730** sabría dónde estaba ese UE en un momento dado. Este tipo de paginación heurística podría reducir aún más el impuesto que se impone a la red central porque se reduce la incertidumbre inherente que tiene la red central para localizar un UE en modo inactivo.

En las formas de realización descritas anteriormente, un controlador SDN podría estar acoplado en comunicación al servidor de la nube informática **340, 530, 630 o 730**. En estas formas de realización, el controlador SDN podría insertar las políticas SDN en la red virtualizada. El controlador SDN podría estar opcionalmente acoplado en comunicación a un controlador SDN externo, actuando, así como una pasarela SDN para la red virtualizada. En esta forma de realización, la pasarela SDN podría implementarse en modo proxy, pasando toda la información de control a dispositivos controlados por SDN, o en modo híbrido, implementando algunas de sus propias políticas sobre la información de control que recibe. En estas formas de realización de SDN, el controlador o controladores SDN también se virtualizarían desde la perspectiva de la red central.

El análisis anterior divulga y describe formas de realización meramente ejemplares de la presente invención. En formas de realización adicionales, los métodos descritos en el presente documento pueden almacenarse en un medio legible por ordenador, tal como un almacenamiento de memoria de ordenador, un disco compacto (CD),
5 unidad flash, unidad óptica o similares. Además, el medio legible por ordenador podría distribuirse a través de dispositivos de almacenamiento de memoria dentro de múltiples servidores, nodos multi-RAT, controladores, componentes de nube informática, y similares. Como se entenderá por los expertos en la técnica, la presente invención puede realizarse de otras formas específicas sin apartarse del alcance de las reivindicaciones adjuntas. Por ejemplo, la topología de red inalámbrica también puede aplicarse a redes cableadas, redes ópticas y similares.

10 Pueden añadirse, eliminarse o sustituirse diversos componentes en los dispositivos descritos en el presente documento, con aquellos que tienen la misma funcionalidad o similar. Varias etapas, como se describe en las figuras y la memoria descriptiva se pueden añadir o eliminar de los procesos descritos en el presente documento, y las etapas descritas pueden realizarse en un orden alternativo, consistente con el alcance de las reivindicaciones adjuntas. Por consiguiente, la divulgación de la presente invención pretende ser ilustrativa, pero no limitante del

15 alcance de las reivindicaciones adjuntas. La divulgación, incluyendo cualquier variante fácilmente discernible de las enseñanzas en el presente documento, define, en parte, el alcance de la terminología de reivindicaciones anterior.

REIVINDICACIONES

1. Una red de comunicación inalámbrica virtualizada que comprende:
5 una red de malla de tecnología de acceso de radio múltiple heterogénea, RAT (300; 500; 600; 710, 720) que comprende nodos multi-RAT (310, 320, 330; 512, 514, 516; 612, 614, 616; 722); y un componente de nube informática (340; 530; 630; 730), estando la red de malla acoplada en comunicación al componente de nube informática, comprendiendo el componente de nube informática además un procesador de propósito general y un acelerador,
10 comprendiendo el procesador y el acelerador: un proxy de pasarela, GW, S1 configurado para virtualizar todas las radios de Evolución a Largo Plazo, LTE, en los nodos multi-RAT y facilitar los traspasos hacia y desde LTE; una pasarela de acceso inalámbrico, WAG/pasarela de acceso de movilidad, MAG, configurada para controlar múltiples puntos de acceso, proporcionar conectividad inalámbrica y facilitar el traspaso entre
15 redes Wi-Fi y redes LTE para los nodos multi-RAT; y un proxy lu configurado para virtualizar todas las radios de tercera generación, 3, en los nodos multi-RAT y facilitar los traspasos a y desde 3G.
2. La red de comunicación inalámbrica virtualizada de la reivindicación 1, en la que el componente de
20 nube informática (340; 530; 630; 730) comprende además una memoria para almacenar los datos de usuario del protocolo de tunelización del servicio general de paquetes de radio, GTP-U, que se pueden usar en un traspaso X2.
3. La red de comunicación inalámbrica virtualizada de la reivindicación 1, que comprende además un controlador de redes definidas por software, SDN.
25
4. La red de comunicación inalámbrica virtualizada de la reivindicación 1, en la que el componente de nube informática (340; 530; 630; 730) comprende además una memoria para almacenar código ejecutable por ordenador que cuando se ejecuta hace que el procesador actualice una topología de red y un ajuste de recursos basándose en un requisito de capacidad de la red de malla multi-RAT heterogénea.
30
5. La red de comunicación inalámbrica virtualizada de la reivindicación 1, en la que el componente de nube informática (340; 530; 630; 730) comprende además una memoria para almacenar una ubicación del sistema de posicionamiento global, GPS, de un nodo multi-RAT heterogéneo, que es una parte de la red de malla multi-RAT heterogénea, siendo la ubicación GPS analizada por el componente de nube informática para determinar si el nodo
35 multi-RAT heterogéneo debe conectarse a un segundo componente de nube informática para recibir una mejor calidad de servicio o una latencia de ruta de datos inferior.
6. La red de comunicación inalámbrica virtualizada de la reivindicación 1, que comprende además una base de datos acoplada en comunicación al componente de nube informática (340; 530; 630; 730), en la que la base
40 de datos está adaptada para almacenar una pluralidad de condiciones ambientales de la red de malla multi-RAT heterogénea.
7. La red de comunicación inalámbrica virtualizada de la reivindicación 1, en la que el componente de nube informática (340; 530; 630; 730) está acoplado en comunicación a un dispositivo de red ascendente y el
45 componente de nube informática comprende además una memoria para almacenar el código ejecutable por ordenador que, cuando se ejecuta, hace que el componente de nube informática realice un cálculo asociado con la asignación de recursos en la red de malla multi-RAT heterogénea con respecto al dispositivo de red ascendente.
8. La red de comunicación inalámbrica virtualizada de la reivindicación 1, en la que el componente de
50 nube informática (340; 530; 630; 730) está acoplado en comunicación a un dispositivo de red ascendente y el componente de nube informática está virtualizado de manera que aparece en el dispositivo de red ascendente como una estación base.
9. La red de comunicación inalámbrica virtualizada de la reivindicación 7 u 8, en la que el dispositivo de
55 red ascendente es una entidad de gestión de movilidad, MME, una pasarela de servicio, SGW, o una pasarela de red de datos por paquetes, PGW.
10. La red de comunicación inalámbrica virtualizada de la reivindicación 8 o la reivindicación 9, cuando depende de la reivindicación 8, en la que la estación base es un eNodeB.

11. La red de comunicación inalámbrica virtualizada de la reivindicación 1, en la que la red de malla multi-RAT heterogénea (300; 500; 600; 710, 720) comprende además una conexión de retorno no mallada al componente de nube informática.

5

12. La red de comunicación inalámbrica virtualizada de la reivindicación 11, en la que la conexión de retorno es una conexión cableada o en la que la conexión de retorno es una conexión inalámbrica.

Estación base, virtualización de tenencia múltiple

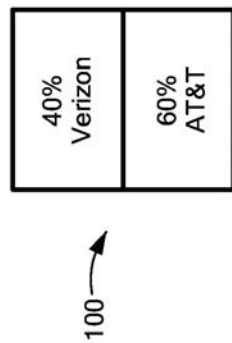


FIG. 1

(Técnica anterior)

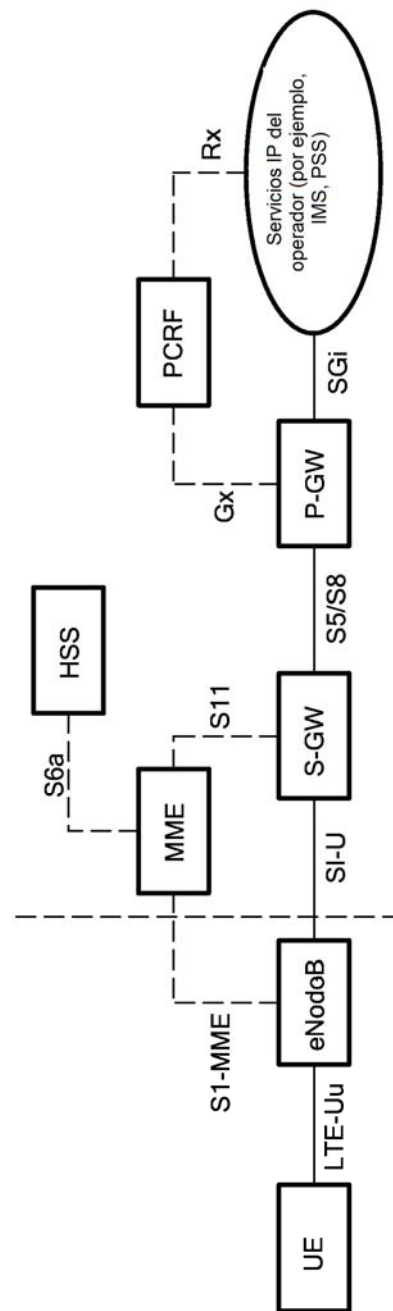


FIG. 2

(Técnica anterior)

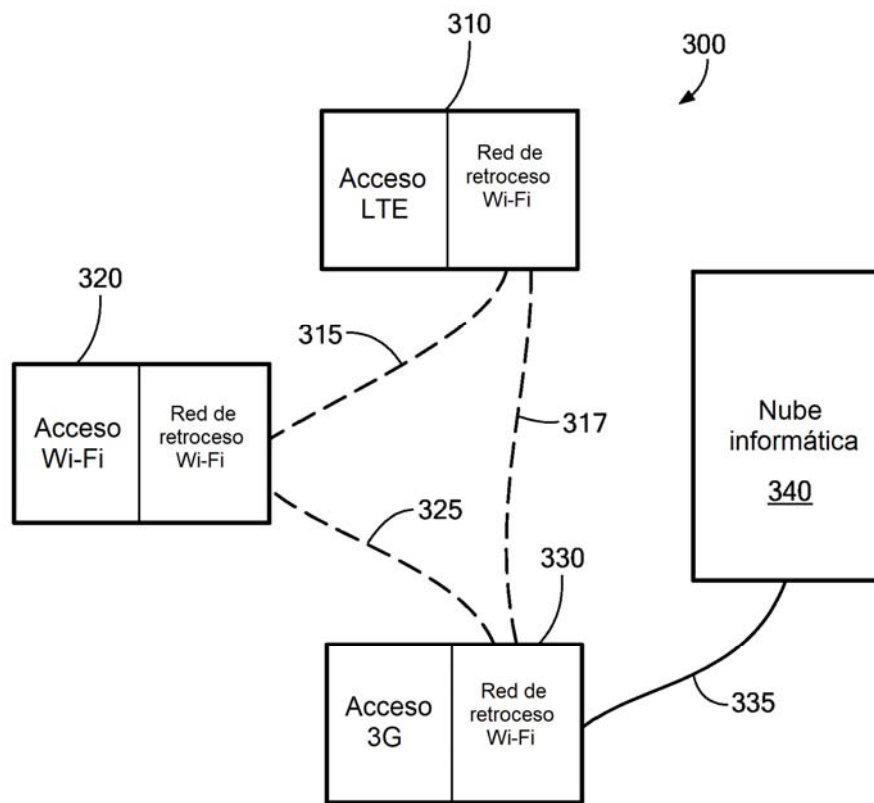


FIG. 3

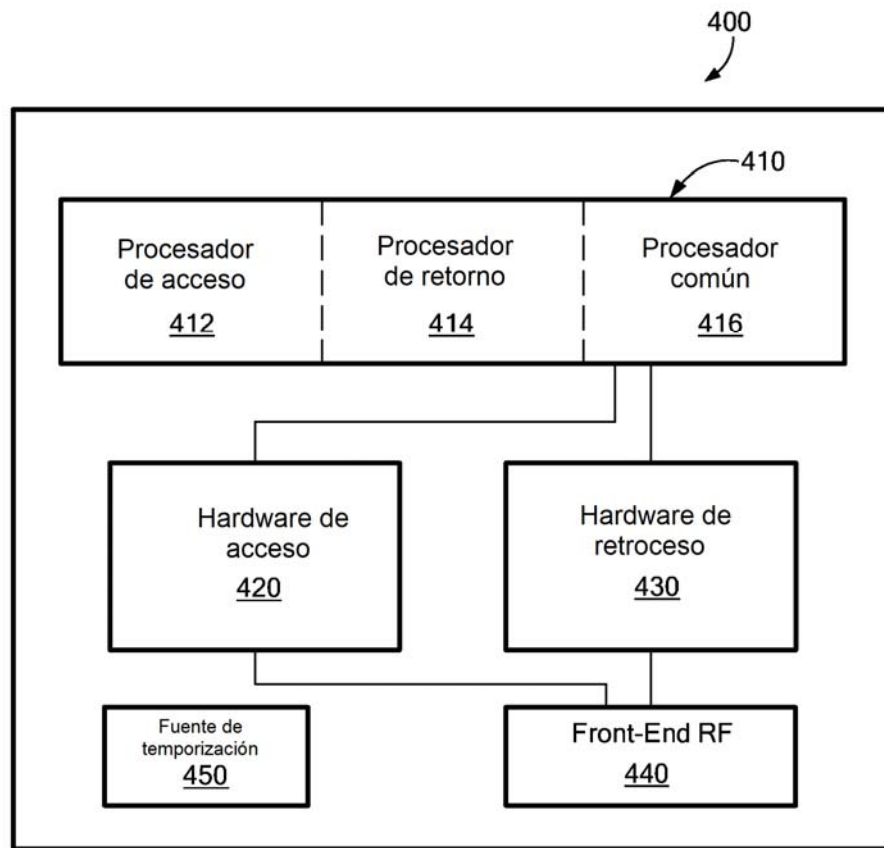


FIG. 4

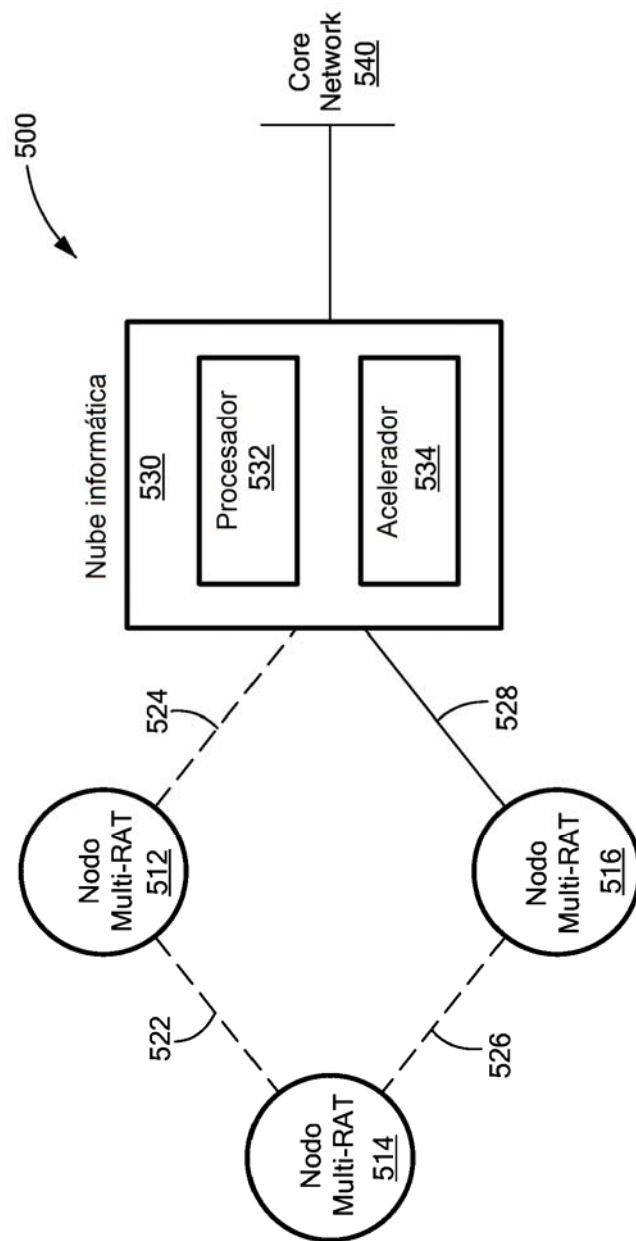


FIG. 5

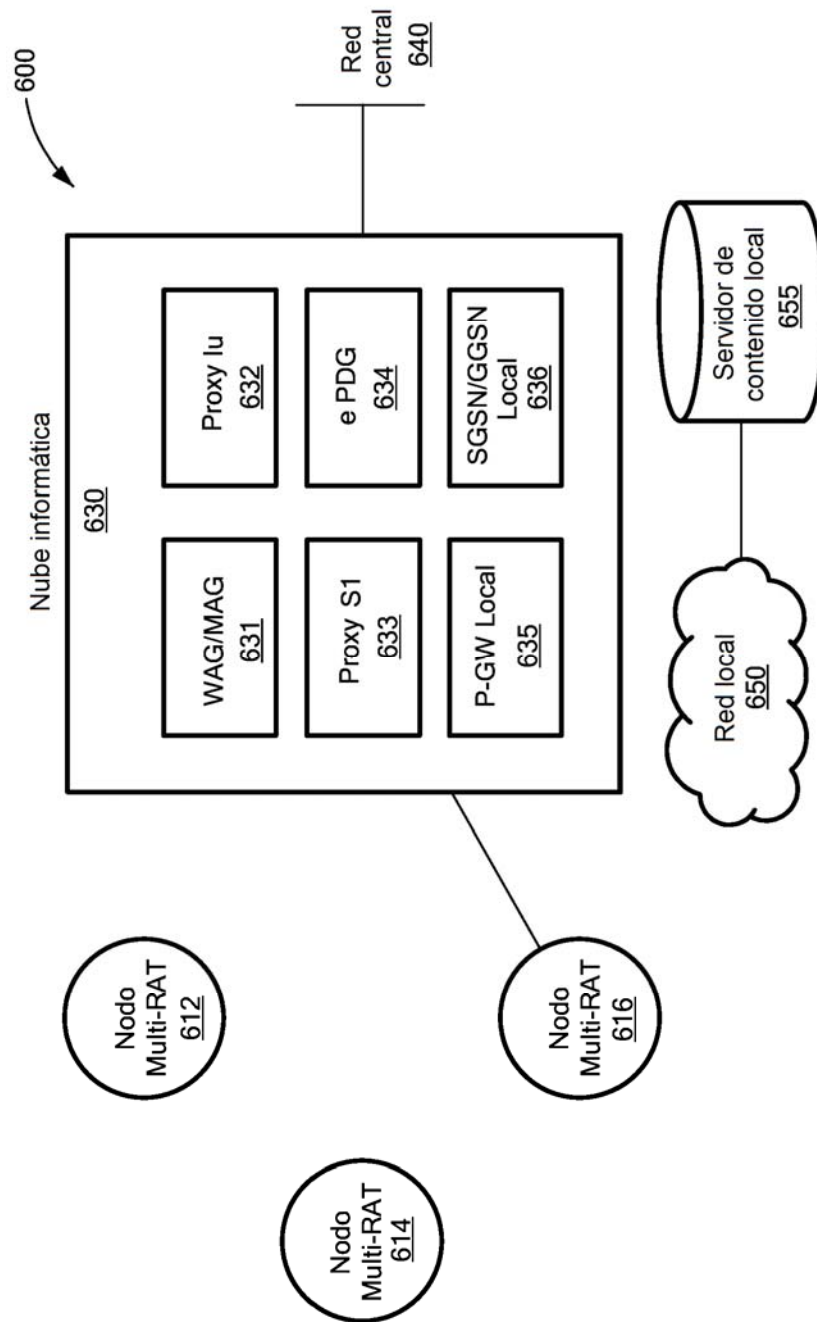


FIG. 6

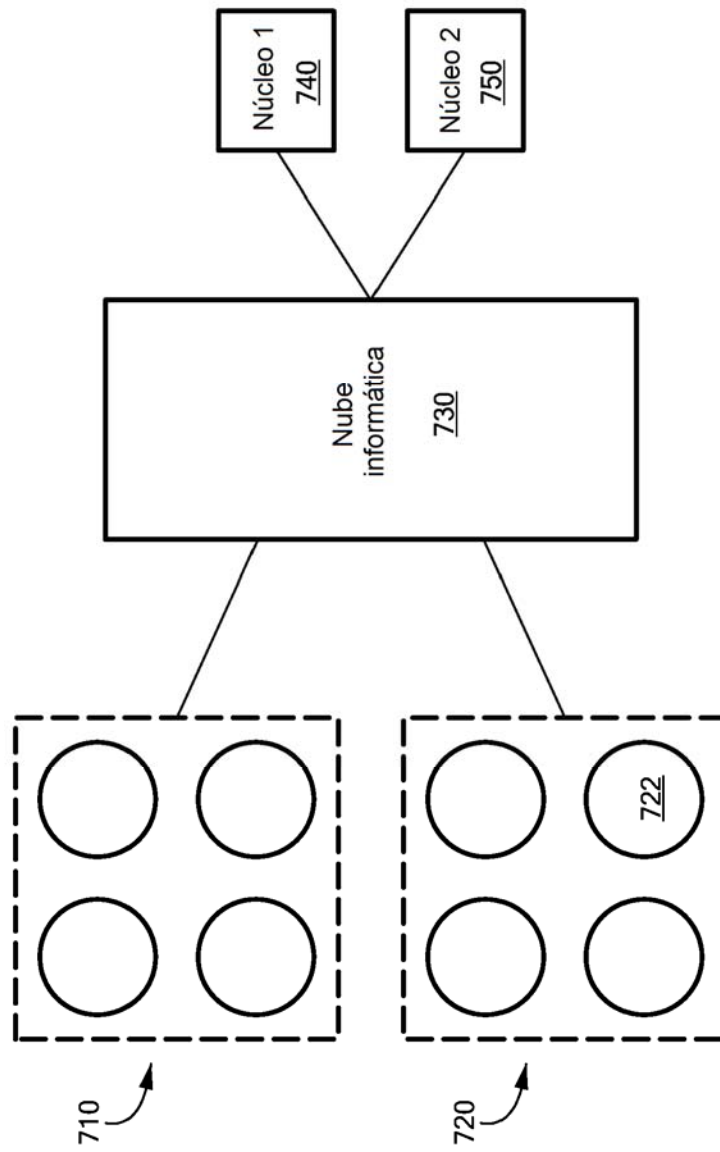


FIG. 7

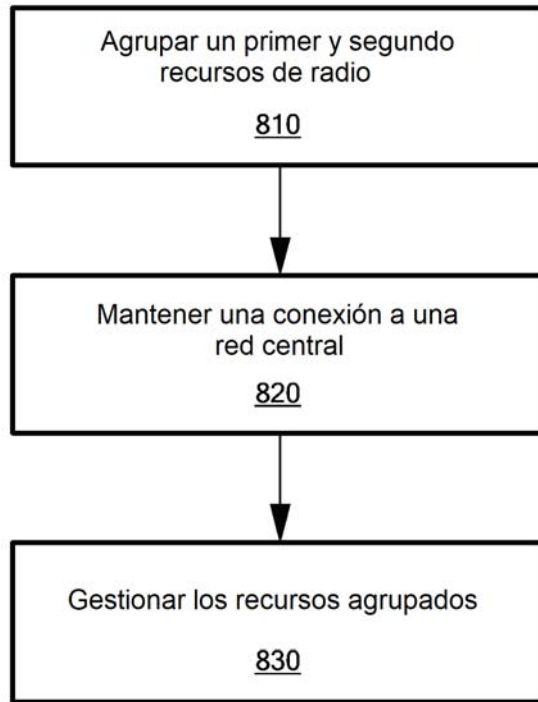


FIG. 8