

TRATAMIENTO DE LA ENTIDAD DE CONTROL DE ACCESO AL MEDIO (MAC) DURANTE LA DESACTIVACIÓN/REACTIVACIÓN DEL GRUPO DE CELDAS SECUNDARIAS (SCG)

CAMPO TÉCNICO

La presente divulgación se refiere en general a redes inalámbricas y más específicamente a técnicas que reducen la energía consumida por un equipo de usuario (UE, User Equipment) cuando se conecta con múltiples grupos de celdas en una red inalámbrica, en particular cuando uno de los grupos de celdas está en un estado desactivado.

ANTECEDENTES

La evolución a largo plazo (LTE, Long Term Evolution) es un término general que se refiere a las tecnologías de acceso radioeléctrico desarrolladas dentro del Proyecto de Asociación de Tercera Generación (3GPP, Third Generation Partnership Project) e inicialmente estandarizadas en la Versión 8 y la Versión 9 que también se conocen como UTRAN Evolucionado (E-UTRAN, Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network, Red de Acceso Radioeléctrico Terrestre Universal Evolucionado). LTE tiene como objetivo diversas bandas de frecuencia con licencia y va acompañada de mejoras en aspectos no radioeléctricos que comúnmente se conocen como Evolución de la Arquitectura del Sistema (SAE, System Architecture Evolution) que incluye a la red del Núcleo de Paquetes Evolucionado (EPC, Evolved Packet Core). LTE continúa evolucionando a través de versiones posteriores.

La versión 10 de LTE soporta anchos de banda mayores que 20 MHz. Para seguir siendo compatible con los UE heredados de versiones anteriores (por ejemplo, la Versión 8 de LTE), una portadora de la Versión 10 de LTE de banda ancha (por ejemplo, mayor que 20 MHz) debe aparecer como una pluralidad de portadoras ("portadoras de componentes" o CC, component carrier), donde cada una preferentemente tiene la misma estructura que una portadora de la Versión 8 de LTE. La Versión 10 del UE puede recibir las múltiples CC en base a la agregación de portadoras (CA, Carrier Aggregation). Las CC también se pueden considerar "celdas", de modo que un UE en CA tiene una celda primaria (PCell,

Primary Cell) y una o más celdas secundarias (SCell, Secondary Cell).

La Versión 12 de LTE introdujo la conectividad dual (DC, Dual Connectivity) por la cual un UE se puede conectar con dos nodos de red simultáneamente para de ese modo mejorar la robustez y/o la capacidad de la conexión. En LTE-DC, estos dos nodos de red se denominan eNB (evolved Node B, Nodo B evolucionado) maestro (MeNB, Master eNB) y eNB secundario (SeNB, Secondary eNB) o más en general como nodo maestro (MN, Master Node) y nodo secundario (SN, Secondary Node). En particular, un UE está configurado con un Grupo de Celdas Maestras (MCG, Master Cell Group) asociado con MN y un Grupo de Celdas Secundarias (SCG, Secondary Cell Group) asociado con SN. Cada grupo de celdas incluye una PCell y puede incluir una o más SCell.

Actualmente se está estandarizando dentro de 3GPP la quinta generación ("5G") de sistemas de celdas que también se conoce como Nueva Radio (NR, New Radio). NR se ha desarrollado para ofrecer máxima flexibilidad y soportar una variedad de diferentes casos de uso. Estos incluyen Banda Ancha Móvil Mejorada (eMBB, Enhanced Mobile Broadband), Comunicaciones Tipo Máquina (MTC, Machine Type Communications), Comunicaciones Ultra Confiables y de Baja Latencia (URLLC, Ultra-Reliable Low Latency Communications), enlace lateral de dispositivo a dispositivo (D2D, Device to Device) y otros varios casos de uso. La tecnología 5G/NR comparte muchas similitudes con 4G/LTE. Por ejemplo, ambas PHY (Physical Layer, Capa Física) utilizan disposiciones similares de los recursos físicos en el dominio del tiempo en subtramas de 1 ms que incluyen múltiples intervalos de igual duración, y cada intervalo incluye múltiples símbolos basados en OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing, Multiplexación por División de Frecuencias Ortogonales).

Para NR están considerados varios escenarios de DC (o, más en general, de conectividad múltiple). Estos incluyen NR-DC que es similar a la LTE-DC mencionada anteriormente, excepto que tanto MN como SN (que se denominan como "gNB (New Radio Base Station, Estación de Base de Nueva Radio)") emplean la interfaz de NR para comunicarse con UE. Además, NR soporta diversos escenarios de multi-RAT (multiple Radio Access Technology,

Tecnología de Acceso Radioeléctrico múltiple) DC (MR-DC, Multi-Radio Dual Connectivity, Conectividad Dual Multiradio) en los que un UE puede estar configurado para que utilice los recursos de un nodo que provee acceso E-UTRA Evolved Universal Terrestrial Radio Access, Acceso Radioeléctrico Terrestre Universal Evolucionado)/LTE y otro nodo que provee acceso NR. Un nodo actúa como MN (por ejemplo, provee MCG) y el otro como SN (por ejemplo, provee SCG), donde MN y SN están conectados mediante una interfaz de red y al menos MN está conectado con una red central (por ejemplo, EPC o 5GC (5G Core, red central 5G)).

SÍNTESIS

Para mejorar la eficiencia energética de la red y la duración de la batería para los UE en MR-DC, la Versión 17 de 3GPP incluye técnicas para una activación/desactivación eficiente de SCG/SCell. Esto puede ser importante para las configuraciones MR-DC con NR SCG, ya que se ha encontrado que, en algunos casos, el consumo de energía de NR UE es de tres a cuatro veces mayor que en LTE. Sin embargo, existen diversos problemas, cuestiones y/o dificultades con el tratamiento de la entidad MAC (Medium Access Control, Control de Acceso al Medio) del SCG durante la desactivación y subsiguiente reactivación del SCG.

Las formas de realización de la presente divulgación proveen mejoras específicas para el tratamiento de entidades MAC de UE durante la desactivación y/o la reactivación de grupos de celdas (por ejemplo, SCG), tales como facilitar soluciones para superar los problemas ejemplificativos sintetizados anteriormente y que se describen con más detalle a continuación.

Las formas de realización de la presente divulgación incluyen métodos (por ejemplo, procedimientos) para un UE configurado para que se comunique con una red inalámbrica por medio de una pluralidad de grupos de celdas.

Estos métodos ejemplificativos pueden incluir, en el caso de desactivación de uno de la pluralidad de grupos de celdas, suspender una entidad MAC asociada con el grupo de celdas desactivado y realizar una o más primeras operaciones en la entidad MAC en el caso de suspensión de la entidad MAC. Estos métodos ejemplificativos también pueden incluir, mientras la entidad MAC

está suspendida, realizar una o más segundas operaciones relacionadas con informar los datos disponibles de UL (Uplink, Enlace Ascendente) para su transmisión por medio del grupo de celdas desactivado. Estos métodos ejemplificativos también pueden incluir, en el caso de reactivación del grupo de celdas desactivado, realizar una o más terceras operaciones en la entidad MAC y reanudar la entidad MAC en base a las una o más terceras operaciones.

Por ejemplo, la pluralidad de grupos de celdas incluye un MCG y un SCG, donde el SCG es el grupo de celdas que se desactiva y se reactiva.

En algunas formas de realización, realizar las primeras operaciones en la entidad MAC en el caso de suspensión puede incluir la cancelación de uno o más de los siguientes procedimientos en curso:

- acceso aleatorio (RA, random access);
- petición de planificación (SR, scheduling request);
- presentar el informe del margen de potencia (PHR, power headroom reporting);
- recuperación de falla de escuchar antes de hablar (LBT, listen-before-talk) consistente;
- recuperación de falla de haz (BFR, beam failure recovery);
- presentar el informe del estado del búfer (BSR, buffer status reporting) preventivo;
- consulta de velocidad binaria recomendada;
- confirmación de concesión configurada (CG, configured grant) de UL;
- confirmación de CG de enlace lateral (SL, sidelink); y
- consulta del símbolo de guarda deseado (DSG, desired guard symbol).

En algunas de estas formas de realización, se aplican uno o más de los siguientes:

- se cancelan los procedimientos RA en curso que no son causados por un BSR pendiente de transmisión, mientras que no se cancelan los procedimientos RA en curso que son causados por un BSR pendiente de transmisión; y
- se cancelan los procedimientos SR en curso que no son causados por un

BSR pendiente de transmisión, mientras que no se cancelan los procedimientos SR en curso que son causados por un BSR pendiente de transmisión.

En algunas formas de realización, las una o más primeras operaciones realizadas en la entidad MAC en el caso de suspensión incluyen el mantenimiento de cualquier procedimiento BSR, para los LCH (logical channel, canal lógico) de la entidad MAC, que estaban en curso en el caso de suspensión de la entidad MAC.

En algunas formas de realización, las una o más primeras operaciones realizadas en la entidad MAC en el caso de suspensión incluyen una o más de las siguientes operaciones:

- ajustar nuevos indicadores de datos (NDI, new data indicator) para procesos ARQ (Automatic Repeat Request, Petición de Repetición Automática) híbrida (HARQ) del UL en curso a valores de cero;
- vaciar los búferes de software para procesos HARQ del enlace descendente (DL) en curso;
- reiniciar uno o más contadores activos;
- detener o considerar que han caducado uno o más temporizadores de ejecución;
- suspender una o más concesiones de recursos de UL;
- liberar uno o más recursos del canal físico de control de UL (PUCCH, physical uplink control channel); y
- liberar uno o más identificadores temporales asignados por la red inalámbrica.

En algunas de estas formas de realización, los uno o más temporizadores de ejecución detenidos o que se considera que han caducado incluyen todos los temporizadores de ejecución, excepto que al menos uno de los siguientes se siga ejecutando en el caso de suspensión:

- un primer temporizador que desencadena un BSR regular; y
- un segundo temporizador que desencadena una SR en una celda primaria del grupo de celdas desactivado.

En algunas de estas formas de realización, las concesiones de recursos de

UL suspendidas incluyen solamente CG de UL de tipo 1 para todas las celdas que tienen un temporizador asociado que no ha caducado. En algunas de estas formas de realización, los recursos PUCCH liberados incluyen recursos PUCCH para todas las celdas que tienen un temporizador asociado que no ha caducado, excepto los recursos PUCCH para transmitir SR.

En algunas formas de realización, las una o más segundas operaciones realizadas mientras la entidad MAC está suspendida incluyen una o más de las siguientes: iniciar un procedimiento BSR para informar los datos de UL disponibles para la transmisión por medio del grupo de celdas desactivado; iniciar un procedimiento SR cuando no hay recursos disponibles del canal físico compartido de UL (PUSCH, Physical Uplink Shared Channel) para transmitir un BSR; e iniciar un procedimiento RA cuando no hay recursos PUCCH disponibles para transmitir una SR.

En algunas de estas formas de realización, el procedimiento SR se inicia con un retardo sustancialmente cero después de determinar que no hay recursos disponibles PUSCH para transmitir un BSR. En otras formas de realización, iniciar el procedimiento BSR se basa en la disponibilidad de datos de UL para la transmisión en un subconjunto de todos los canales lógicos (LCH) de la entidad MAC. En algunas de estas formas de realización, el subconjunto de LCH incluye uno o más de los siguientes:

- solo LCH que no están asociados con una entidad RLC (Radio Link Control, Control de Radio Enlace) secundaria dividida;
- solo LCH que pertenecen a un grupo de canales lógicos (LCG, logical channel group);
- solo LCH que transportan datos de UL sensibles al retardo; y
- LCH particulares indicados por la red inalámbrica por medio de la señalización RRC (Radio Resource Control, Control de Recursos Radioeléctricos).

En otras formas de realización, las una o más segundas operaciones realizadas mientras la entidad MAC está suspendida incluyen las siguientes: monitorear la disponibilidad de datos de UL en uno o más LCH de la entidad MAC;

iniciar un procedimiento SR en base a la detección disponible de datos de UL en al menos uno de los LCH monitoreados; e iniciar un procedimiento RA cuando no hay recursos disponibles PUCCH para transmitir una SR. En algunas de estas formas de realización, iniciar el procedimiento SR se puede basar en uno o más de los siguientes:

- no se iniciaron otros procedimientos SR mientras la entidad MAC está suspendida; o
- no hay recursos disponibles del canal físico compartido de UL (PUSCH) para transmitir un BSR.

En algunas de estas formas de realización, los LCH monitoreados incluyen uno de los siguientes subconjuntos de todos los LCH de la entidad MAC:

- solo LCH que no están asociados con una entidad RLC secundaria dividida;
- solo LCH que pertenecen a un LCG;
- solo LCH que transportan datos de UL sensibles al retardo; y
- LCH particulares indicados por la red inalámbrica por medio de la señalización RRC.

En algunas formas de realización, las una o más terceras operaciones realizadas (2030) en el caso de reactivación del grupo de celdas desactivado incluyen una o más de las siguientes:

- reanudar una o más concesiones de recursos de UL suspendidas; y
- reiniciar, con un valor inicial predeterminado, respectivos parámetros de priorización asociados con una pluralidad de canales lógicos de la entidad MAC.

En algunas formas de realización, reanudar la entidad MAC en base a las una o más terceras operaciones puede incluir una o más de las siguientes (por ejemplo, sobre las cuales la entidad MAC está considerada como reanudada):

- iniciar o reanudar un procedimiento para presentar el informe del estado del búfer para una pluralidad de canales lógicos de la entidad MAC, en base a parámetros de priorización asociados con la pluralidad de los LCH que son reiniciados a un valor inicial predeterminado;
- enviar un acuse de recibo a un comando de activación de un grupo de

celdas de la red inalámbrica;

- iniciar un procedimiento SR en el grupo de celdas reactivado, e
- iniciar un procedimiento RA en el grupo de celdas reactivado.

En algunas de estas formas de realización, el valor inicial predeterminado con el que se reinician los parámetros de priorización es cero.

Otras formas de realización incluyen los UE (por ejemplo, dispositivos inalámbricos, dispositivos IoT (Internet of Things, Internet de las Cosas), etcétera o componente o componentes de los mismos) configurados para realizar las correspondientes operaciones para cualquiera de los métodos ejemplificativos descritos en la presente. Otras formas de realización incluyen medios legibles por computador no transitorios que almacenan instrucciones de programas que, cuando son ejecutadas mediante circuitos de procesamiento, configuran tales UE para realizar las correspondientes operaciones para cualquiera de los métodos ejemplificativos descritos en la presente.

Estas y otras formas de realización divulgadas en la presente pueden facilitar la suspensión y la reanudación de una entidad MAC para soportar la desactivación y la reactivación de grupos de celdas (por ejemplo, SCG) y su correspondiente reducción del consumo de energía del UE, tal como que permite que un UE desencadene un procedimiento BSR y/o un informe del volumen de datos de una manera rápida y confiable. De este modo, la red puede ser informada rápidamente acerca de la necesidad de un UE de reactivar un grupo de celdas desactivado (por ejemplo, debido a la llegada de tráfico de datos de UL para un SCG), lo que puede reducir y/o minimizar la latencia de la transmisión de los datos de UL.

Estos y otros objetos, características y ventajas de las formas de realización de la presente divulgación serán evidentes a partir de la lectura de la siguiente descripción detallada en vista de las figuras que se describen brevemente a continuación.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

La Figura 1 muestra una vista de alto nivel de una arquitectura ejemplificativa de red LTE.

La Figura 2 es un diagrama de bloques de una pila ejemplificativa de protocolos del plano de control (CP, control plane) en LTE.

La Figura 3 muestra una vista de alto nivel de una arquitectura ejemplificativa de red 5G/NR.

La Figura 4 muestra una vista de alto nivel de la conectividad dual (DC) en combinación con la agregación de portadoras (CA).

Las Figuras 5 y 6 muestran vistas de alto nivel de arquitecturas de red ejemplificativas que soportan multi-RAT DC (MR-DC) utilizando el EPC y 5GC, respectivamente.

Las Figuras 7-8 muestran arquitecturas del protocolo radioeléctrico del plano de usuario (UP, user plane) desde la perspectiva de un UE para EN-DC (E-UTRA-NR Dual Connectivity, Conectividad Dual de E-UTRA-NR) con EPC y MR-DC con 5GC, respectivamente.

Las Figuras 9 y 10 muestran arquitecturas del protocolo radioeléctrico de UP desde una perspectiva de red para EN-DC con EPC y MR-DC con 5GC, respectivamente.

La Figura 11 es un diagrama de bloques que muestra una comparación de alto nivel de arquitecturas del plano de control (CP) en LTE DC, EN-DC y MR-DC utilizando una red central 5G (5GC).

La Figura 12 muestra un diagrama ejemplificativo de la transición de estado para celdas secundarias (SCell) de NR.

La Figura 13 es un diagrama ejemplificativo de la transición de estado para un grupo de celdas secundarias (SCG).

Las Figuras 14A-B muestran elementos de control (CE) de MAC ejemplificativos para diversos formatos de presentación del informe del estado del búfer (BSR).

Las Figuras 15A-C muestran estructuras de datos ASN.1 para un IE (Information Element, Elemento de Información) *CellGroupConfig* ejemplificativo y algunas de sus partes constituyentes.

La Figura 16 muestra una visión general de las operaciones realizadas por el UE en el caso de suspensión de una entidad MAC, de acuerdo con diversas

formas de realización de la presente divulgación.

La Figura 17 muestra una visión general de las operaciones realizadas por el UE en el caso de la reanudación de una entidad MAC, de acuerdo con diversas formas de realización de la presente divulgación.

Las Figuras 18-19 muestran ilustraciones de alto nivel de las operaciones del UE en el caso de suspensión, durante la suspensión y en el caso de reanudación de una entidad MAC, de acuerdo con diversas formas de realización de la presente divulgación.

Las Figuras 20A-B son diagramas de flujo de un método ejemplificativo (por ejemplo, un procedimiento) para un UE, de acuerdo con diversas formas de realización de la presente divulgación.

La Figura 21 muestra un sistema de comunicaciones de acuerdo con diversas formas de realización de la presente divulgación.

La Figura 22 muestra un UE de acuerdo con diversas formas de realización de la presente divulgación.

La Figura 23 muestra un nodo de red de acuerdo con diversas formas de realización de la presente divulgación.

La Figura 24 muestra un sistema computacional anfitrión de acuerdo con diversas formas de realización de la presente divulgación.

La Figura 25 es un diagrama de bloques de un entorno de virtualización en el que las funciones implementadas por algunas formas de realización de la presente divulgación pueden ser virtualizadas.

La Figura 26 ilustra la comunicación entre un sistema computacional anfitrión, un nodo de red y un UE por medio de múltiples conexiones, al menos una de las cuales es inalámbrica, de acuerdo con diversas formas de realización de la presente divulgación.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

Ahora se describirán con mayor detalle algunas de las formas de realización contempladas en la presente con referencia a las figuras adjuntas. Sin embargo, dentro del alcance del objeto divulgado en la presente están contenidas otras formas de realización y no se debe interpretar como que el objeto divulgado

se limita únicamente a las formas de realización expuestas en la presente; más bien, estas formas de realización se proveen a modo de ejemplo para transmitir el alcance del objeto a los expertos en el arte.

En general, todos los términos utilizados en la presente se deben interpretar de acuerdo con su significado corriente en el campo técnico pertinente, a menos que claramente se indique un significado diferente y/o que esté implícito a partir del contexto en el que se lo utiliza. Todas las referencias a unos/los elemento, aparato, componente, medio, paso, etcétera se deben interpretar abiertamente como que se refieren a por lo menos una instancia del elemento, aparato, componente, medio, paso, etcétera, a menos que se indique explícitamente lo contrario. Los pasos de cualquiera de los métodos divulgados en la presente no tienen que ser realizados en el orden exacto divulgado, a menos que un paso se describa explícitamente como que sigue o que precede a otro paso y/o donde esté implícito que un paso debe seguir o preceder a otro paso. Cualquier característica de cualquiera de las formas de realización divulgadas en la presente se puede aplicar a cualquier otra forma de realización, siempre que sea apropiado. Del mismo modo, cualquier ventaja de cualquiera de las formas de realización se puede aplicar a cualquier otra forma de realización, y viceversa. Otros objetivos, características y ventajas de las formas de realización adjuntas serán evidentes a partir de en la siguiente descripción.

Aún más, los siguientes términos se utilizan a lo largo de la descripción que se brinda a continuación:

- **Nodo radioeléctrico:** Tal como se utiliza en la presente, un "nodo radioeléctrico" puede ser un "nodo de acceso radioeléctrico" o un "dispositivo inalámbrico".
- **Nodo de acceso radioeléctrico:** Tal como se utiliza en la presente, un "nodo de acceso radioeléctrico" (o de manera equivalente "nodo de red radioeléctrica", "nodo de red de acceso radioeléctrico" o "nodo RAN") puede ser cualquier nodo de una red de acceso radioeléctrico (RAN, radio access network) de una red de comunicaciones celulares que opera para transmitir y/o recibir señales de manera inalámbrica. Algunos ejemplos de un nodo de

acceso radioeléctrico incluyen pero no se limitan a una estación de base (por ejemplo, una estación de base de nueva radio (NR) (gNB/en-gNB) en una red NR de Quinta Generación (5G) de 3GPP o un nodo B mejorado o evolucionado (eNB/ng-eNB (enhanced LTE eNB, eNB de LTE mejorada)) en una red LTE de 3GPP), componentes distribuidos de la estación de base (por ejemplo, CU (Centralized Unit, Unidad Centralizada) y DU (Distributed Unit, Unidad Distribuida)), componentes del plano de control y/o plano de usuario de la estación de base (por ejemplo, CU-CP (control plane, plano de control), CU-UP, una estación de base de alta potencia o macro, una estación de base de baja potencia (por ejemplo, estación de base micro, pico, femto o doméstica o similar), un nodo de acceso integrado y red de retroceso (IAB, Integrated Access and Backhaul), un punto de transmisión, una unidad radioeléctrica remota (RRU, Remote Radio Unit, Unidad Remota Radioeléctrica) o RRH (Remote Radio Head, Cabezal Remoto Radioeléctrico) y un nodo de retransmisión.

- **Nodo de red central:** Tal como se utiliza en la presente, un "nodo de red central" es cualquier tipo de nodo en una red central. Algunos ejemplos de un nodo de red central incluyen, por ejemplo, una entidad de gestión de movilidad (MME, Mobility Management Entity), una pasarela de servicio (SGW, Serving Gateway), una pasarela de red de paquetes de datos (P-GW, Packet Data Network Gateway), una función de gestión de acceso y movilidad (AMF, Access And Mobility Management Function), una función de gestión de sesión (SMF, Session Management Function), una función de plano de usuario (UPF, User Plane Function), una función de exposición de capacidad de servicio (SCEF, Service Capability Exposure Function) o similares.
- **Dispositivo inalámbrico:** Tal como se utiliza en la presente, un "dispositivo inalámbrico" (o "WD (Wireless Device)" para abreviar) es cualquier tipo de dispositivo que tiene acceso a una red de comunicaciones celulares (es decir, red que le da servicio) mediante la comunicación inalámbrica con nodos de la red y/u otros dispositivos inalámbricos. La comunicación

inalámbrica puede implicar la transmisión y/o la recepción de señales inalámbricas utilizando ondas electromagnéticas, ondas radioeléctricas, ondas infrarrojas y/u otros tipos de señales apropiadas para transmitir información a través del aire. Algunos ejemplos de un dispositivo inalámbrico incluyen pero no se limitan a teléfonos inteligentes, teléfonos móviles, teléfonos celulares, teléfonos de voz a través del Protocolo de Internet (VoIP, Voice over Internet Protocol), teléfonos inalámbricos de bucle local, computadores de escritorio, asistentes digitales personales (PDA, Personal Digital Assistant), cámaras inalámbricas, consolas o dispositivos de juegos, dispositivos de almacenamiento de música, aparatos de reproducción, dispositivos ponibles, puntos extremos inalámbricos, estaciones móviles, tabletas, computadores portátiles, equipos incorporados en computadores portátiles (LEE, Laptop Embedded Equipment), equipos montados en computadores portátiles (LME, Laptop Mounted Equipment), dispositivos inteligentes, equipos en instalaciones del cliente (CPE, Customer Premises Equipment) inalámbricos, dispositivos de comunicaciones tipo móvil (MTC, Mobile Type Communication), dispositivos de Internet de las Cosas (IoT, Internet of Things), dispositivos terminales inalámbricos montados en vehículos, etcétera. A menos que se indique lo contrario, en la presente el término "dispositivo inalámbrico" se utiliza de modo intercambiable con el término "equipo de usuario" (o "UE" para abreviar).

- **Nodo de red:** Tal como se utiliza en la presente, un "nodo de red" es cualquier nodo que, ya sea, forma parte de la red de acceso radioeléctrico (por ejemplo, un nodo de acceso radioeléctrico o una entidad equivalente como se mencionó anteriormente) o de la red central (por ejemplo, un nodo de red central como se mencionó anteriormente) de una red de comunicaciones celulares. Funcionalmente, un nodo de red es un equipo con capacidad, configurado, dispuesto y/u operativo para que se comunique directamente o indirectamente con un dispositivo inalámbrico y/o con otros nodos o equipos de red en la red de comunicaciones celulares, para

habilitar y/o proveer acceso inalámbrico al dispositivo inalámbrico y/o para realizar otras funciones (por ejemplo, de administración) en la red de comunicaciones celulares.

Se hace notar que la descripción en la presente se enfoca en un sistema de comunicaciones celulares 3GPP y, como tal, con frecuencia se utiliza la terminología 3GPP o terminología similar a la terminología 3GPP. Sin embargo, los conceptos divulgados en la presente no se limitan a un sistema 3GPP. Además, aunque en la presente se utiliza el término "celda", se debe entender que (en particular en lo que respecta a NR de 5G) se pueden utilizar haces en lugar de celdas y, como tales, los conceptos descritos en la presente se aplican por igual tanto a las celdas como a los haces.

En la Figura 1 se muestra una arquitectura global ejemplificativa de una red que comprende LTE y SAE. E-UTRAN 100 incluye uno o más nodos B evolucionados (eNB), tales como eNB 105, 110 y 115 y uno o más equipos de usuario (UE), tal como UE 120. Tal como se utiliza dentro de los estándares de 3GPP, "equipo de usuario" o "UE" significa cualquier dispositivo de comunicaciones inalámbrica (por ejemplo, teléfono inteligente o dispositivo computacional) que tiene la capacidad de comunicarse con equipos de red compatibles con el estándar de 3GPP que incluye E-UTRAN, como así también UTRAN (Universal Terrestrial Radio Access Network, Red de Acceso Radioeléctrico Terrestre Universal) y/o GERAN (Radio Access Network for Enhanced Data Rates for Global System for Mobile Communication, Red de Acceso Radioeléctrico para Velocidades de Datos Mejoradas para la Evolución del Sistema Global de Comunicaciones Móviles), como comúnmente son conocidas las RAN de 3GPP de tercera generación ("3G") y segunda generación ("2G").

Según lo especificado por 3GPP, E-UTRAN 100 es responsable de todas las funciones radioeléctricas relacionadas en la red que incluye control de portador radioeléctrico, control de admisión radioeléctrica, control de movilidad radioeléctrica, planificación y asignación dinámica de recursos a los UE en enlace ascendente y enlace descendente, como así también la seguridad de las comunicaciones con el UE. Estas funciones residen en los eNB, tales como eNB

105, 110 y 115. Cada uno de los eNB puede dar servicio en un área de cobertura geográfica que incluye una celda o más celdas, que incluye las celdas 106, 111 y 115 servidas por los eNB 105, 110 y 115, respectivamente.

Los eNB en E-UTRAN se comunican entre sí por medio de la interfaz X2, tal como se muestra en la Figura 1. Los eNB también son responsables de la interfaz E-UTRAN al EPC 130, específicamente la interfaz S1 a la entidad de gestión de movilidad (MME) y la pasarela de servicio (SGW) que en la Figura 1 se muestran colectivamente como MME/S-GW 134 y 138. En general, MME/S-GW gestiona tanto el control global del UE como el flujo de datos entre el UE y el resto del EPC. Más específicamente, MME procesa los protocolos de señalización (por ejemplo, plano de control) entre el UE y el EPC, que se conocen como protocolos de estrato de no acceso (NAS, Non-Access Stratum). S-GW gestiona todos los paquetes de datos del Protocolo de Internet (IP, Internet Protocol) (por ejemplo, plano de datos o de usuario) entre el UE y el EPC y sirve como ancla de movilidad local para los portadores de datos cuando el UE se traslada entre los eNB, tales como los eNB 105, 110 y 115.

El EPC 130 también puede incluir un servidor de abonado residencial (HSS, Home Subscriber Server) 131 que administra la información relacionada con el usuario y el suscriptor. HSS 131 también puede proveer funciones de soporte en la gestión de movilidad, establecimiento de llamadas y sesiones, autenticación de usuarios y autorización de acceso. Las funciones de HSS 131 pueden estar relacionadas con las funciones u operaciones heredadas del Registro de Posición Domiciliaria (HLR, Home Location Register) y del Centro de Autenticación (AuC, Authentication Centre). HSS 131 también se puede comunicar con las MME 134 y 138 por medio de las respectivas interfaces S6a.

En algunas formas de realización, HSS 131 se puede comunicar con un repositorio de datos de usuario (UDR) - etiquetado como EPC-UDR 135 en la Figura 1 - por medio de una interfaz Ud. EPC-UDR 135 puede almacenar las credenciales de usuario después que se encriptaron por medio de los algoritmos AuC. Estos algoritmos no están estandarizados (es decir, son específicos del proveedor), de modo que las credenciales encriptadas y almacenadas en EPC-

UDR 135 son inaccesibles para cualquier otro proveedor que no sea el proveedor de HSS 131.

La Figura 2 ilustra un diagrama de bloques de una pila de protocolos del plano de control (CP) ejemplificativa entre un UE, un eNB y una MME. La pila de protocolos ejemplificativa incluye las capas física (PHY), de control de acceso al medio (MAC), de control de radio enlace (RLC), de protocolo de convergencia de paquetes de datos (PDCP, Packet Data Convergence Protocol) y de control de recursos radioeléctricos (RRC) entre el UE y eNB. La capa PHY se ocupa de cómo y qué características se utilizan para transferir datos a través de los canales de transporte en la interfaz radioeléctrica LTE. La capa MAC provee los servicios de transferencia de datos en los canales lógicos, asigna la correspondencia de los canales lógicos con los canales de transporte PHY y reasigna los recursos PHY para soportar estos servicios. La capa RLC provee detección y/o corrección, concatenación, segmentación y reensamblado de errores, reordenación de los datos transferidos hacia o desde las capas superiores. La capa PDCP provee encriptación/desencriptación y protección de integridad tanto en el plano CP como en el plano de usuario (UP), como así también otras funciones de UP, tal como la compresión de encabezamiento. La pila de protocolos ejemplificativa también incluye la señalización del estrato de no acceso (NAS) entre el UE y el MME.

La capa RRC controla las comunicaciones entre un UE y un eNB en la interfaz radioeléctrica, como así también la movilidad de un UE entre las celdas en la E-UTRAN. Después de presionar el botón de ENCENDIDO de un UE, el mismo estará en el estado RRC_IDLE (control de recursos radioeléctricos ocioso) hasta que se establece una conexión RRC con la red, momento en el que el UE hará la transición al estado RRC_CONNECTED (control de recursos radioeléctricos conectado) (por ejemplo, donde puede ocurrir una transferencia de datos). El UE vuelve a RRC_IDLE después que se libera la conexión con la red. En el estado RRC_IDLE, el UE no pertenece a ninguna celda, no se ha establecido ningún contexto RRC para el UE (por ejemplo, en E-UTRAN) y el UE está fuera de una sincronización UL con la red. Aun así, un UE en el estado RRC_IDLE es conocido en el EPC y tiene una dirección IP asignada.

Además, en el estado RRC_IDLE, la radio UE está activa en una planificación de recepción discontinua (DRX) configurada por las capas superiores. Durante los períodos activos de DRX (también denominados como "duraciones de ENCENDIDO de DRX"), un UE en RRC_IDLE recibe información del sistema (SI, system information) que transmite una celda de servicio, realiza mediciones de las celdas vecinas para soportar la reelección de celdas y monitorea un canal de radiobúsqueda para las páginas del EPC por medio de un eNB que da servicio a la celda en la que está acampando el UE.

Un UE debe realizar un procedimiento de acceso aleatorio (RA) para pasar del estado RRC_IDLE a RRC_CONNECTED. En el estado RRC_CONNECTED, se conoce la celda que da servicio al UE y se establece un contexto RRC para el UE en el eNB de servicio, de tal modo que el UE y el eNB se pueden comunicar. Por ejemplo, un identificador temporal de red radioeléctrica de la celda (C-RNTI, Cell Radio Network Temporary Identifier) - una identidad de UE que se utiliza para la señalización entre el UE y la red - está configurado para un UE en el estado RRC_CONNECTED.

Como previamente se mencionó brevemente, la Versión 12 de LTE introdujo la conectividad dual (DC) por la cual un UE puede estar configurado con un grupo de celdas maestras (MCG) provistas por un nodo maestro (MN) y un grupo de celdas secundarias (SCG) provistas por un nodo secundario (SN). Cada uno de los CG es un grupo de celdas de servicio que incluye una entidad MAC, un conjunto de canales lógicos con entidades RLC asociadas, una celda primaria (PCell) y, opcionalmente, una o más celdas secundarias (SCell). El término "celda especial" ("SpCell, special cell" para abreviar) se refiere a la celda PCell de MCG o a la celda SCG primaria (PSCell) dependiendo de si la entidad MAC del UE está asociada con el MCG o el SCG, respectivamente. En operaciones que no son DC (por ejemplo, CA), SpCell se refiere a la PCell. Una SpCell siempre está activada y soporta la transmisión del canal físico de control de enlace ascendente (PUCCH) y el acceso aleatorio basado en la contienda por los UE.

MN provee información del sistema (SI) y termina la conexión del plano de control hacia el UE y, como tal, es el nodo de control del UE que incluye los

traspasos hacia y desde los SN. SN provee recursos radioeléctricos adicionales (por ejemplo, portadores) para ciertos portadores que tienen recursos tanto de MCG como de SCG. La reconfiguración, adición y retiro de las SCell puede ser realizada por RRC. Cuando se agrega una nueva SCell, se utiliza una señalización RRC dedicada para enviar al UE toda la SI requerida de la SCell, de modo que los UE no necesitan adquirir la SI directamente de la transmisión de SCell. También es posible dar soporte a CA en uno o ambos de los MCG y SCG. En otras palabras, uno o ambos de los MCG y SCG pueden incluir múltiples celdas que trabajan en CA.

Tanto MN como SN pueden finalizar el plano de usuario (UP) en el UE, que incluye tres tipos diferentes de portadores. Los portadores MCG son finalizados en MN y la conexión S1-U para el o los correspondientes portadores para el S-GW son finalizados en MN. SN no está involucrado en el transporte de datos UP para los portadores MCG. Del mismo modo, los portadores SCG son finalizados en SN, que se puede conectar directamente con el S-GW por medio de S1-U. MN no está involucrado en el transporte de datos UP para los portadores SCG. Los portadores divididos (y sus correspondientes conexiones S1-U para S-GW) también son finalizados en MN con datos PDCP transferidos entre MN y SN por medio de X2-U.

La Figura 3 ilustra una vista de alto nivel de la arquitectura de la red 5G, que consiste en una RAN de próxima generación (NG-RAN, Next Generation RAN) 399 y una red central 5G (5GC) 398. NG-RAN 399 puede incluir un conjunto de gNodeB (gNB) conectados con 5GC por medio de una o más interfaces NG, tal como los gNB 300, 350 conectados por medio de las interfaces 302, 352, respectivamente. Además, los gNB se pueden conectar entre sí por medio de una o más interfaces Xn, tal como la interfaz Xn 340 entre los gNB 300 y 350. Con respecto a la interfaz NR para los UE, cada uno de los gNB puede soportar la duplexación por división de frecuencias (FDD, frequency division duplexing), la duplexación por división en el tiempo (TDD, time division duplexing) o una combinación de las mismas.

NG-RAN 399 está estratificada en una capa de red radioeléctrica (RNL,

Radio Network Layer) y una capa de red de transporte (TNL, Transport Network Layer). La arquitectura NG-RAN, es decir, los nodos lógicos NG-RAN y las interfaces entre los mismos, está definida como parte de la RNL. Para cada interfaz NG-RAN (NG, Xn, F1) están especificados el protocolo y la funcionalidad relacionadas con TNL. La TNL provee servicios para el transporte y el transporte de señalización en el plano de usuario.

Los nodos lógicos NG RAN que se muestran en la Figura 3 incluyen una unidad centralizada (o central) (CU o gNB-CU) y una o más unidades distribuidas (o descentralizadas) (DU o gNB-DU). Por ejemplo, gNB 300 incluye a gNB-CU 310 y gNB-DU 320 y 330. Las CU son nodos lógicos que alojan protocolos de capa superior y realizan diversas funciones de gNB, tal como controlar el funcionamiento de las DU. Cada DU es un nodo lógico que aloja protocolos de capa inferior y puede incluir diversos subconjuntos de las funciones gNB. Como tales, cada una de las CU y DU puede incluir diversos circuitos necesarios para realizar sus respectivas funciones que incluyen circuitos de procesamiento, circuitos de transceptor (por ejemplo, para comunicación) y circuitos de suministro de energía.

Una gNB-CU se conecta con las gNB-DU a través de las respectivas interfaces lógicas F1, tales como las interfaces 322 y 332 que se muestran en la Figura 3. La gNB-CU y las gNB-DU conectadas son solo visibles para otros gNB y la 5GC como un gNB. En otras palabras, la interfaz F1 no es visible más allá de gNB-CU. En la arquitectura CU-DU dividida de gNB que se ilustra en la Figura 3, la DC se puede lograr mediante la configuración de un UE para que se conecte con varias DU servidas por la misma CU o mediante la configuración de un UE para que se conecte con múltiples DU servidas por diferentes CU.

Como anteriormente se mencionó brevemente, la tecnología 5G/NR comparte muchas similitudes con 4G/LTE. Por ejemplo, ambas PHY utilizan disposiciones similares de los recursos físicos en el dominio del tiempo en subtramas de 1 ms que incluyen múltiples intervalos de igual duración y cada intervalo incluye múltiples símbolos basados en OFDM. Como otro ejemplo, la capa NR RRC incluye los estados RRC_IDLE y RRC_CONNECTED como LTE,

pero agrega otro estado que se conoce como RRC_INACTIVE.

Además de proveer cobertura por medio de "celdas", tal como en LTE, las redes NR también proveen cobertura por medio de "haces". En general, un "haz" de enlace descendente (DL) es un área de cobertura de una RS (Reference Signal, Señal de Referencia) transmitida en la red que puede ser medida o monitoreada por un UE. Por ejemplo, estas RS pueden incluir cualquiera de los siguientes, solos o en combinación: bloque SS/PBCH (SS/PBCH block, también denominado SSB que son las siglas de Synchronization Signal and Physical Broadcast Channel block, bloque de Señal de Sincronización y Canal Físico de Difusión), CSI-RS (Channel State Information Reference Signal, Señal de Referencia de la Información del Estado del Canal), señales de referencia terciarias (o cualquier otra señal de sincronización), RS de posicionamiento (PRS, positioning RS), DMRS (Señal de Referencia de Demodulación, Demodulation Reference Signal), Señal de Referencia de Seguimiento de Fase (PTRS, Phase Tracking Reference Signal), etcétera. En general, SSB está disponible para todos los UE, independientemente del estado de RRC, mientras que otras RS (por ejemplo, CSI-RS, DM-RS (Demodulation Reference Signal, Señal de Referencia de Demodulación), PTRS) están asociadas con UE específicos que tienen una conexión de red, es decir, en el estado RRC_CONNECTED.

La DC también es una característica importante para las redes 5G/NR. 3GPP TR 38.804 (versión 14.0.0) describe diversos escenarios o configuraciones de DC ejemplificativos en los que MN y SN pueden aplicar NR RAT, LTE RAT o ambos, y se pueden conectar con EPC o 5GC. La siguiente terminología se usa para describir estos escenarios o configuraciones de DC ejemplificativos:

- DC: LTE DC (es decir, tanto MN como SN emplean LTE, como se mencionó anteriormente);
- EN-DC: LTE-NR DC donde MN (eNB) emplea LTE y SN (gNB) emplea NR, y ambos están conectados con EPC.
- NGEN-DC (NG-RAN E-UTRA-NR Dual Connectivity, Conectividad Dual de E-UTRA-NR de NG-RAN): conectividad dual en LTE-NR en la que un UE está conectado con un ng-eNB que actúa como un MN y un gNB que

actúa como un SN. El ng-eNB está conectado con 5GC y el gNB está conectado con el ng-eNB por medio de la interfaz Xn.

- NE-DC (NR-E-UTRA Dual Connectivity, Conectividad Dual de NR-E-UTRA): conectividad dual en LTE-NR en la que un UE está conectado con un gNB que actúa como un MN y un ng-eNB que actúa como un SN. El gNB está conectado con 5GC y el ng-eNB está conectado con el gNB por medio de la interfaz Xn.
- NR-DC (o NR-NR DC): tanto MN como SN emplean NR y se conectan con 5GC por medio de NG.
- MR-DC (multi-RAT DC): una generalización de la conectividad dual (DC) intra-E-UTRA descrita en TS 36.300 (versión 16.0.0) de 3GPP donde un UE Rx/Tx múltiple puede estar configurado para utilizar los recursos provistos por dos diferentes nodos conectados por medio de una red de retroceso no ideal, uno que provee acceso E-UTRA y el otro que provee acceso NR. Un nodo actúa como MN y el otro como SN, donde uno utiliza LTE y el otro usa NR. MN y SN están conectados por medio de una interfaz de red y al menos MN está conectado con la red central. EN-DC, NE-DC y NGEN-DC son diferentes ejemplos de casos de MR-DC.

La Figura 4 muestra una ilustración de alto nivel de DC en combinación con la agregación de portadoras. En esta ilustración, cada uno de MN y de SN puede ser, ya sea, un eNB o un gNB, de acuerdo con los diversos escenarios de DC, tal como se mencionó anteriormente. MN provee el MCG que consiste en una PCell y tres SCell dispuestas en CA, mientras que SN provee el SCG que consiste en una PSCell y tres SCell dispuestas en CA.

La Figura 5 muestra una vista de alto nivel de una arquitectura de red ejemplificativa que soporta EN-DC que incluye una E-UTRAN 599 y una EPC 598. Como se muestra en la figura, E-UTRAN 599 puede incluir los en-gNB (por ejemplo, 510a,b) y los eNB (por ejemplo, 520a,b) que están interconectados entre sí por medio de unas respectivas interfaces X2 (o X2-U). Los eNB pueden ser similares a los que se muestran en la Figura 1, mientras que los ng-eNB pueden ser similares a los gNB que se muestran en la Figura 3, excepto que éstos se

conectan con EPC 598 por medio de una interfaz S1-U en lugar de a una 5GC por medio de una interfaz X2. Los eNB también se conectan con EPC 598 por medio de una interfaz S1, similar a la disposición que se muestra en la Figura 1. Más específicamente, los en-gNB (por ejemplo, 510a,b) y los eNB (por ejemplo, 520a,b) se conectan con unos MME (por ejemplo, 530a,b) y las S-GW (por ejemplo, S-540a,b) en el EPC.

Cada uno de los en-gNB y eNB puede dar servicio a un área de cobertura geográfica que incluye una celda más, que incluye las celdas 511a-b y 521a-b que se muestran como ejemplos en la Figura 5. Dependiendo de la celda en la que un UE 505 está localizado, se puede comunicar con los en-gNB o eNB que dan servicio a esa celda por medio de una interfaz radioeléctrica NR o LTE, respectivamente. Además, UE 505 puede estar en EN-DC con una primera celda servida por un eNB y una segunda celda servida por un en-gNB, tal como las celdas 520a y 510a que se muestran en la Figura 5.

La Figura 6 muestra una vista de alto nivel de una arquitectura de red ejemplificativa que soporta configuraciones MR-DC basadas en una 5GC. Más específicamente, la Figura 6 muestra una NG-RAN 699 y una 5GC 698. NG-RAN 699 puede incluir los gNB (por ejemplo, 610a,b) y los ng-eNB (por ejemplo, 620a,b) que están interconectados entre sí por medio de las respectivas interfaces Xn. Los gNB y ng-eNB también están conectados por medio de las interfaces NG con 5GC 698, más específicamente con las funciones de gestión de acceso y movilidad (AMF, por ejemplo, 630a,b) por medio de las respectivas interfaces NG-C y con las funciones del plano de usuario (UPF, por ejemplo, 640a,b) por medio de las respectivas interfaces NG-U. Además, las AMF se pueden comunicar con una o más funciones de gestión de sesiones (SMF, Session Management Function), por ejemplo, 650a,b) y las funciones de exposición de red (NEF, Network Exposure Function), por ejemplo, 660a,b).

Cada uno de los gNB 610 puede ser similar a los que se muestran en la Figura 5, mientras que cada uno de los ng-eNB puede ser similar a los eNB que se muestran en la Figura 1, excepto que los mismos se conectan con 5GC 598 por medio de una interfaz NG en lugar de con EPC por medio de una interfaz S1.

Cada uno de los gNB y ng-eNB puede dar servicio a un área de cobertura geográfica que incluye una celda más, que incluye las celdas 611a-b y 621a-b que se muestran como ejemplos en la Figura 6. Los gNB y ng-eNB también pueden utilizar diversos haces direccionales para proveer cobertura en las celdas respectivas. Dependiendo de la celda en la que un UE 605 está localizado, se puede comunicar con los gNB o ng-eNB que dan servicio a esa celda por medio de una interfaz radioeléctrica NR o LTE, respectivamente. Además, UE 605 puede estar en conectividad MR-DC con una primera celda servida por un ng-eNB y una segunda celda servida por un gNB, tal como las celdas 620a y 610a que se muestran en la Figura 6.

Las Figuras 7-8 muestran arquitecturas del protocolo radioeléctrico UP desde una perspectiva del UE para MR-DC con EPC (por ejemplo, EN-DC) y con 5GC (por ejemplo, NGEN-DC, NE-DC y NR-DC), respectivamente. En ambos casos, un UE (700) soporta MCG, SCG y portadores divididos, como se mencionó anteriormente. En la disposición EN-DC que se muestra en la Figura 7, los portadores MCG tienen, ya sea, capas LTE (por ejemplo, E-UTRA) o NR PDCP y LTE RLC y MAC, mientras que los portadores SCG tienen capas NR PDCP, RLC y MAC. Los portadores divididos tienen una capa NR PDCP y ambas capas LTE y NR RLC y MAC. En la disposición que se muestra en la Figura 8, todos los portadores tienen capas NR PDCP y capas inferiores que corresponden a la RAT utilizada por MN y SN. Una diferencia entre las arquitecturas de las Figuras 7-8 es que los diversos portadores para MR-DC con 5GC están asociados con flujos de QoS (Quality of Service, Calidad de Servicio) que finalizan en una capa SDAP (Service Data Adaptation Protocol, Protocolo de Adaptación de Servicio de Datos) por encima de PDCP.

Las Figuras 9 y 10 muestran arquitecturas del protocolo radioeléctrico UP desde una perspectiva de red para MR-DC con EPC (por ejemplo, EN-DC) y con 5GC (por ejemplo, NGEN-DC, NE-DC y NR-DC), respectivamente. En la disposición EN-DC que se muestra en la Figura 9, un portador MCG que finaliza en MN tiene la capa PDCP de la RAT utilizada por MN, mientras que todos los otros portadores tienen la capa NR PDCP. Todos los portadores tienen capas

inferiores asociadas con la RAT del o de los nodos en los que finalizan. En la disposición que se muestra en la Figura 10, todos los portadores tienen capas NR PDCP y capas inferiores asociadas con la RAT del o de los nodos en los que finalizan. Desde el punto de vista de la red, se puede finalizar cada MCG, SCG y portador dividido, ya sea, en MN o en SN. Por ejemplo, la interfaz X2 o Xn entre los nodos transportará tráfico para SCG o para los portadores divididos que finalizan en la capa MN PDCP a las capas inferiores en SN. Del mismo modo, X2 o Xn transportarán tráfico para MCG o los portadores divididos que finalizan en la capa SN PDCP a capas inferiores en MN. Una diferencia entre las arquitecturas de las Figuras 9 y 10 es que los diversos portadores para MR-DC con 5GC están asociados con flujos de QoS que finalizan.

Las Figuras 9 y 10 también tienen algunas variaciones específicas de DC. En EN-DC con EPC, la red puede configurar, ya sea, E-UTRA PDCP o NR PDCP para portadores radioeléctricos (DRB) de datos MCG finalizados en MN, mientras que NR PDCP siempre se utiliza para todos los otros DRB. En MR-DC con 5GC, NR PDCP siempre se utiliza para todos los tipos de DRB. En NGEN-DC, E-UTRA RLC/MAC se utiliza en MN, mientras que NR RLC/MAC se utiliza en SN. En NE-DC, NR RLC/MAC se utiliza en MN, mientras que E-UTRA RLC/MAC se utiliza en SN. En NR-DC, NR RLC/MAC se utiliza en ambos MN y SN.

La Figura 11 es un diagrama de bloques que muestra una comparación de alto nivel de arquitecturas CP en LTE DC, EN-DC y MR-DC utilizando una red central 5G (5GC). Una diferencia principal es que en EN-DC y NR-DC, SN tiene una entidad NR RRC separada. Esto significa que SN también puede controlar al UE, a veces sin el conocimiento de MN, pero con frecuencia SN necesita coordinar con MN. En LTE-DC, las decisiones de RRC son siempre tomadas por MN (MN a UE). Aun así, el LTE-DC SN sigue decidiendo la configuración de SN, ya que solo el propio SN tiene conocimiento de qué tipo de recursos, capacidades etcétera tiene.

Otra diferencia entre LTE-DC y las otras es el uso de un portador dividido para RRC. Los mensajes RRC divididos se utilizan principalmente para crear diversidad y el remitente puede decidir, ya sea, elegir uno de los enlaces para

planificar los mensajes RRC o puede duplicar el mensaje sobre ambos enlaces. En el DL, la conmutación de ruta entre los tramos MCG o SCG (o la duplicación en ambos) se deja a la implementación de la red. Por otra parte, para el UL, la red configura el UE para utilizar el MCG, el SCG o ambos para los mensajes RRC. Los términos "tramo", "ruta" y "portador RLC" se utilizan de manera intercambiable a través de todo este documento.

Un UE recibe configuraciones de portador en el IE *radioBearerConfig* que se puede incluir en un mensaje *RRCReconfiguration*. Si un UE está configurado con MR-DC, tendrá dos configuraciones de portador radioeléctrico, una asociada con el MCG (para portadores finalizados en MN) y otra asociada con el SCG (para portadores finalizados en SN). Cada portador tiene una configuración PDCP asociada y para los portadores divididos hay un campo en el IE *PDCP-Config* que especifica la ruta principal que se utilizará para la transmisión de datos de UL, es decir, MCG o SCG). También hay un campo *ul-DataSplitThreshold* incluido en el IE *moreThanOneRLC*. Si el búfer de UL en el UE que corresponde a ese portador dividido está por debajo de este umbral, el UE solo realizará la presentación del informe del estado del búfer (BSR) y/o enviará peticiones de planificación (SR) del UL al nodo que aloja la ruta principal. Por ejemplo, si la ruta principal es MCG, el UE enviará el BSR y la SR por medio de MAC MCG al MN. Si el búfer de UL supera el umbral, el UE puede enviar el BSR y la SR a ambos MN y SN y transmitir datos de UL en el o los grupos de celdas en los que recibe una concesión UL.

La duplicación de paquete (que también se conoce como "duplicación PDCP" o "duplicación PDU (Protocol Data Unit, Unidad de Datos de Protocolo) de PDCP") puede aumentar la confiabilidad y reducir la latencia, lo que puede ser muy beneficioso para los servicios de datos ultra confiables y de baja latencia (URLLC). Cuando RRC configura la duplicación PDCP para un portador radioeléctrico se agrega una entidad RLC adicional y un canal lógico adicional al portador radioeléctrico para tratar las unidades de datos de protocolo PDCP (PDU) duplicadas. Como tal, la duplicación de PDCP implica enviar dos veces las mismas PDU de PDCP: una vez en la entidad RLC original (o primaria) y una

segunda vez en la entidad RLC adicional (o secundaria).

Se hace notar que la entidad RLC primaria está asociada con un canal lógico (LCH) primario y la entidad RLC secundaria está asociada con un LCH secundario. Al configurar la duplicación para un DRB, RRC también configura el estado de la duplicación PDCP (es decir, activada o desactivada) en el momento de la (re)configuración. Después de la configuración, se puede entonces controlar dinámicamente el estado de la duplicación de PDCP mediante un MAC CE. En DC, el UE aplica estos comandos MAC CE independientemente de si los mismos fueron recibidos por medio de MCG o SCG.

Como se mencionó anteriormente, la Versión 17 de 3GPP incluye un elemento de trabajo para la activación/desactivación eficiente de SCG/SCell para los UE en MR-DC. Esto puede ser especialmente importante para las configuraciones MR-DC con NR SCG, ya que se ha descubierto que, en algunos casos, el consumo de energía NR UE es entre tres y cuatro veces mayor que en LTE. 3GPP especificó previamente los conceptos de la SCell en LTE en reposo y el comportamiento similar a reposo de una NR SCell. En LTE, cuando una SCell está en estado de reposo, el UE no necesita monitorear el correspondiente PDCCH (Physical Downlink Control Channel, Canal de Control Físico del Enlace Descendente) o PDSCH (Physical Downlink Shared Channel, Canal Físico Compartido del Enlace Descendente) y no puede transmitir en el correspondiente UL. Este comportamiento es similar al comportamiento en un estado desactivado, pero también se requiere que el UE realice e informe de las mediciones del CQI (Channel Quality Indicator, Indicador de Calidad del Canal), que es diferente del comportamiento del estado desactivado. Una PUCCH SCell (SCell configurada con PUCCH) no puede estar en estado en reposo.

La Figura 12 muestra un diagrama ejemplificativo de la transición de estado para las NR SCell. En un nivel alto, una SCell de un UE puede hacer la transición entre estados desactivados y activados en base a comandos explícitos de la red (por ejemplo, MAC CE) o la caducidad de un temporizador de desactivación. El comportamiento similar a reposo para las NR SCell desactivadas se basa en el concepto de partes de ancho de banda (BWP,

bandwidth part) en reposo. Una de las BWP dedicadas del UE configuradas por medio de la señalización RRC puede estar configurada como en reposo para una SCell. Si la BWP activa de la SCell activada es una BWP en reposo, el UE deja de monitorear PDCCH en la SCell, pero continúa realizando mediciones de CSI, AGC (Automatic Gain Control, Control Automático de Ganancia) y la administración de haces (si está configurado para hacerlo). La información de control de enlace descendente (DCI, Downlink Control Information) en PDCCH se utiliza para controlar la entrada/salida de la BWP en reposo para la o las SCell o el o los SCG y se envía a la SpCell del grupo de celdas que incluye a la SCell en reposo (es decir, a PCell si SCell pertenece a MCG, a PSCell si SCell pertenece a SCG). La SpCell (es decir, PCell o PSCell) y la PUCCH SCell no pueden estar configuradas con una BWP en reposo.

Sin embargo, si el UE está configurado con MR-DC, el mismo no se puede beneficiar completamente de las reducciones de energía del estado en reposo o del comportamiento similar a reposo, ya que la PSCell no puede estar configurada para estar en reposo. En su lugar, una solución existente podría ser liberar (para ahorrar energía) y agregar el SCG (cuando las demandas de tráfico lo requieran) según sea necesario. Sin embargo, es probable que el tráfico sea en ráfagas, por lo que agregar y liberar el SCG según sea necesario puede implicar una cantidad significativa de señalización RRC y mensajería internodos entre MN y SN. Esto puede llevar a un retardo considerable.

En relación con la Versión 16 de 3GPP, hubo algunas discusiones sobre la colocación de la PSCell en reposo, que también se conoce como SCG *Suspension*. Algunos de los principios acordados de esta solución son:

- El UE soporta la suspensión controlada por la red del SCG en RRC_CONNECTED.
- El comportamiento de UE para un SCG suspendido queda pendiente de estudio (FFS, For Further Study).
- En la Versión 16 el UE soporta como máximo una configuración SCG, suspendida o no suspendida.
- En RRC_CONNECTED en el caso de adición del SCG, el SCG se puede,

ya sea, suspender o no suspender por medio de configuración.

Se propusieron soluciones más detalladas en la Versión 16, pero éstas tienen diversos problemas. Por ejemplo, se propuso una solución en la que un gNB puede indicar a un UE que suspenda las transmisiones SCG cuando no se espera que se envíe tráfico de datos en SCG, de modo que el UE mantiene la configuración SCG pero no la utiliza con fines de ahorro de energía. La señalización para suspender SCG se podría basar en DCI/MAC-CE/RRC, pero no se discutieron anteriormente detalles de la configuración particular del gNB para el UE. Aun así, es posible que esta solución para las SCell no sea aplicable a las PSCell, que pueden estar asociadas a un nodo de red diferente (por ejemplo, un gNB que funciona como SN).

Las discusiones en 3GPP han comenzado en los grupos de trabajo RAN1, RAN2 y RAN3 respecto de soluciones para el objetivo del ítem de trabajo de MR-DC de la Versión 17 "Soporte para un mecanismo eficiente de activación/desactivación para un SCG y celdas SCell". Se está discutiendo el concepto de un "SCG desactivado" para reducir el consumo de energía cuando las demandas de tráfico se reducen dinámicamente. La Figura 13 es un diagrama ejemplificativo de la transición de estado que ilustra dos estados SCG (a veces denominados como "estados para la activación de SCG") de acuerdo con este concepto. En la Figura 13, estos estados están etiquetados "estado desactivado de SCG" y "estado activado de SCG" y son distintos de los estados RRC. Más bien, estos estados SCG representan si se ha aplicado o no un modo de ahorro de energía en SCG.

La suposición actual de RAN2 es que en el "estado desactivado de SCG", el UE no realiza el monitoreo PDCCH de la PSCell a fin de reducir el consumo de energía. Esto también significa que está suspendida la transmisión de datos de UL/DL en el SCG en el estado desactivado de SCG. La activación y la desactivación del SCG es normalmente controlada por la red (por ejemplo, por MN por medio de la señalización RRC). Es más, RAN2 ha acordado que la movilidad de PSCell es soportada mientras el SCG está desactivado, incluso si los detalles están FFS. Cuando el UE está configurado con un SCG en un "estado activado de

SCG", no se utilizan/aplican estas funciones de reducción de energía.

En 3GPP se han alcanzado los siguientes acuerdos en relación con el ítem de trabajo de la Versión 17 mencionado anteriormente:

- La activación de SCG desencadenada por la red se indica al UE por medio del MCG.
- La desactivación de SCG desencadenada por la red se puede indicar al UE por medio del MCG. La indicación por medio de SCG queda FFS.
- La activación de SCG puede ser solicitada por MN/SN/UE. Queda FFS cómo aceptar/rechazar el procedimiento. Queda FFS que señalización se utiliza.
- La desactivación de SCG puede ser solicitada por MN/SN. Queda FFS si UE puede solicitar la desactivación. Queda FFS sobre cómo aceptar/rechazar el procedimiento. Queda FFS que señalización se utiliza.
- La indicación de la desactivación de SCG en el UE por medio de SCG no está soportada.
- El UE puede indicar al MN que el UE solicita que el SCG sea desactivado. Quedan FFS los detalles acerca de la reutilización de la información de asistencia del UE (UAI, UE Assistance Information) o los mensajes existentes, la información incluida, etcétera. La red puede configurar si se le permite al UE realizar la indicación.

La capa MAC en la red incluye planificaciones de recursos dinámicos que asignan recursos PHY DL y UL. La planificación de UL se basa en un UE que transmite peticiones de planificación (SR) e informes de mediciones que incluyen presentar el informe del estado del búfer (BSR) y presentar el informe del margen de potencia (PHR). Se dan más detalles sobre la planificación de NR UL en TS 38.300 y 38.321 de 3GPP.

La red planifica transmisiones de datos de UL en una celda mediante la asignación dinámica o semiestática de recursos radioeléctricos a los UE. Estos recursos radioeléctricos son provistos al UE en concesiones UL dinámicas por medio de PDCCH o en una respuesta de acceso aleatorio (RAR, Random Access Response), o como concesiones UL configuradas (es decir, persistentes) por

medio de la señalización RRC (opcionalmente con activación/desactivación de concesiones por DCI). Una concesión UL incluye una asignación de recursos (por ejemplo, en tiempo/frecuencia) para la transmisión y otras instrucciones sobre cómo transmitir los datos en PUSCH.

Los UL BSR (o más simplemente, BSR) son necesarios para la planificación de paquetes con reconocimiento de QoS. En NR, los BSR indican el volumen de datos almacenado en el búfer en el UE para cada grupo de canales lógicos (LCG). En relación con las SR, los BSR aceleran la planificación al informar a la red la cantidad de datos de UL que el UE tiene pendientes. En base a los BSR recibidos, la red puede entonces proveer concesiones UL para acomodar la transmisión de todos los datos en el búfer de UE sin tener que esperar a más de los UE SR. Cuando se desencadena un BSR (por ejemplo, por la llegada de nuevos datos de UL) y no hay recursos disponibles para transmitir el BSR, el UE puede transmitir una SR para obtener una concesión UL para el BSR. Si el UE no tiene recursos PUCCH válidos para transmitir la SR (por ejemplo, debido a la caducidad del temporizador de alineación de tiempo), el UE inicia el acceso aleatorio para establecer la sincronización UL y recibir la concesión UL necesaria para el BSR.

En NR, la capa RRC configura los siguientes parámetros para controlar los UE BSR:

- *periodicBSR-Timer*, por configuración de la entidad MAC en *BSR-Config* (efectivamente opcional);
- *retxBSR-Timer*, por configuración de la entidad MAC en *BSR-Config* (obligatorio);
- *logicalChannelSR-DelayTimerApplied*, por configuración del canal lógico (opcional);
- *logicalChannelSR-DelayTimer*, por configuración de la entidad MAC en *BSR-Config*;
- *logicalChannelSR-Mask*, por configuración del canal lógico;
- *logicalChannelGroup*, por configuración del canal lógico (opcional).

Cada canal lógico (LCH) puede ser asignado a un LCG mediante el uso del

logicalChannelGroup. La cantidad máxima de LCG es ocho. La entidad MAC determina la cantidad de datos de UL disponibles para un canal lógico de acuerdo con el procedimiento de cálculo del volumen de datos especificado en TS 38.322 y 38.323 de 3GPP.

En general, las siguientes condiciones pueden desencadenar un UE BSR:

1. Los datos llegan para un canal lógico que pertenece a un LCG y si
 - no hay datos disponibles en ninguno de los canales lógicos que pertenecen a algún otro LCG o
 - los datos sólo están disponibles para los canales lógicos que pertenecen al LCG de menor prioridad.
2. En el caso de caducidad de *retxBSR-Timer* el UE tiene datos disponibles para la transmisión para alguno de los canales lógicos que pertenecen a un LCG.
3. La cantidad de bits de relleno después que se asigna la concesión UL es igual o mayor que el MAC CE del tamaño del informe del estado del búfer y su subencabezamiento.
4. En el caso de caducidad del *periodicBSR-Timer*.

Un BSR desencadenado en las condiciones 1-2 se denomina BSR regular, un BSR desencadenado por la condición 3 se denomina BSR de relleno y un BSR desencadenado por la condición 4 se denomina BSR periódico. Presentar el informe del estado del búfer se realiza mediante la capa MAC de UE utilizando diferentes tipos de MAC CE que incluye los siguientes:

- Formato BSR corto (tamaño fijo);
- Formato BSR largo (tamaño variable);
- Formato BSR truncado corto (tamaño fijo); o
- Formato BSR truncado largo (tamaño variable).

La Figura 14A muestra un MAC CE ejemplificativo de acuerdo con los formatos BSR corto y BSR truncado corto, mientras que la Figura 14B muestra un MAC CE ejemplificativo de acuerdo con los formatos BSR largo y BSR truncado largo. Los formatos BSR se identifican mediante subencabezamientos MAC con identificadores del canal lógico (LCID, Logical Channel Identifier). En NR, el LCID

59 indica un BSR truncado corto, LCID 60 indica un BSR truncado largo, LCID 61 indica un BSR corto y LCID 62 indica un BSR largo. Los campos que se muestran en las Figuras 14A-B se definen de la siguiente manera:

- LCG ID: El campo ID del grupo de canales lógicos identifica el grupo de canales lógicos para el cual se está informando el estado del búfer. La longitud del campo es de 3 bits;
- LCG_i: Para el formato BSR largo y el formato BSR preventivo, el campo LCG_i configurado en 1 indica que se informa el campo del tamaño del búfer para el grupo de canales lógicos *i* mientras que si está configurado en 0 indica que no se informa el campo del tamaño de búfer para el grupo de canales lógicos *i*. Para el formato BSR truncado largo, el campo LCG_i configurado en 1 indica que el grupo de canales lógicos *i* tiene datos disponibles, mientras que si está configurado en 0 indica que el grupo de canales lógicos *i* no tiene datos disponibles;
- Tamaño del búfer *i*: El campo del tamaño del búfer identifica la cantidad total de datos a través de todos los canales lógicos del grupo de canales lógicos *i* después que se ha creado la MAC PDU (es decir, después del procedimiento de priorización del canal lógico que puede dar como resultado el valor del campo del tamaño del búfer en cero). La cantidad de datos se indica en cantidad de bytes. El tamaño de los encabezamientos RLC y MAC no se tiene en cuenta en el cálculo del tamaño del búfer. La longitud de este campo para el formato BSR corto y el formato BSR truncado corto es de 5 bits. La longitud de este campo para el formato BSR largo y el formato BSR truncado largo es de 8 bits.

Cada vez que se realiza una nueva transmisión, la entidad MAC aplica el procedimiento de priorización de canales lógicos (LCP, Logical Channel Prioritization) para decidir desde qué LCH multiplexar los datos (y cuántos datos) en esta nueva transmisión. En principio, la entidad MAC prioriza el canal lógico de acuerdo con la LCP y hasta una velocidad binaria priorizada. La entidad MAC prioriza esos canales lógicos en los que no se cumple su velocidad binaria priorizada sobre esos canales lógicos en los que se cumple su velocidad binaria

priorizada. Dentro de cada uno de estos dos grupos, la priorización se basa en la prioridad del canal lógico. Este mecanismo se logra por medio de un parámetro Bj y se discute con más detalle en la sección 5.4.3.1 de TS 38.321 (versión 16.5.0) de 3GPP.

El procedimiento para presentar el informe de UE BSR se define con más detalle en la sección 5.4.5 de TS 38.321 (versión 16.2.0) de 3GPP. Además, presentar el informe de UE BSR está configurado por medio de RRC utilizando el IE *BSR-Config*. En particular, *BSR-Config* está incluido en un IE *MAC-CellGroupConfig*, que está incluido en un IE *CellGroupConfig*. El IE *CellGroupConfig* se usa para configurar un grupo de celdas maestras (MCG) o un grupo de celdas secundarias (SCG). Un grupo de celdas comprende una entidad MAC, un conjunto de canales lógicos con entidades RLC asociadas y una celda primaria (SpCell) y una o más celdas secundarias (SCell). El IE *MAC-CellGroupConfig* se utiliza para configurar los parámetros MAC de un grupo de celdas que incluye DRX. Las Figuras 15A-C muestran las estructuras de datos ASN.1 para los IE ejemplificativos *CellGroupConfig*, *MAC-CellGroupConfig*, y *BSR-Config*, respectivamente.

El valor del campo del tamaño de búfer informado para un LCG en un BSR se determina sumando los resultados de los cálculos de volumen de datos para cada LCH del LCG. Además, la entidad MAC realiza las siguientes acciones cuando las capas superiores solicitan diversas reconfiguraciones de la entidad MAC (es decir, mediante un mensaje *RRCReconfiguration* que incluye un IE *mac-CellGroupConfig*):

- inicializar la correspondiente entidad HARQ en el caso de adición de una SCell;
- retirar la correspondiente entidad HARQ al retirar una SCell;
- aplicar el nuevo valor para los temporizadores cuando se (re)inicia el temporizador;
- aplicar el nuevo valor máximo del parámetro cuando se inicializan los contadores;
- aplicar inmediatamente las configuraciones recibidas de las capas

superiores a otros parámetros.

Esto se utiliza para reconfigurar los nuevos parámetros (por ejemplo, temporizadores) y agregar las SCell.

Es más, la entidad MAC realiza las siguientes acciones cuando las capas superiores solicitan un reinicio de la entidad MAC:

- inicializar Bj para cada canal lógico a cero;
- inicializar SBj para cada canal lógico a cero si RRC configura el modo de asignación de recursos de enlace lateral 1;
- detener (si se están ejecutando) todos los temporizadores;
- considerar todos los *timeAlignmentTimers* como que han caducado y realizar las correspondientes acciones en la cláusula 5.2;
- configurar los NDI para todos los procesos HARQ de enlace ascendente en el valor 0;
- configurar los NDI para todos los ID del proceso HARQ en el valor 0 para monitorear PDCCH en el modo de asignación de recursos de enlace lateral 1;
- detener, si lo hay, el procedimiento de acceso aleatorio en curso;
- descartar los recursos de acceso aleatorio libres de contienda señalados explícitamente para el tipo RA de 4 pasos y el tipo RA de 2 pasos, si los hay;
- vaciar el búfer de Msg3;
- vaciar el búfer de MSGA;
- cancelar, si lo hay, el procedimiento desencadenado de petición de planificación;
- cancelar, si lo hay, el procedimiento desencadenado para presentar el informe del estado del búfer;
- cancelar, si lo hay, el procedimiento desencadenado para presentar el informe del margen de potencia;
- cancelar, si la hay, una falla de LBT consistente desencadenada;
- cancelar, si lo hay, el BFR desencadenado;
- cancelar, si lo hay, el procedimiento desencadenado para presentar el

informe del estado del búfer de enlace lateral;

- cancelar, si lo hay, el procedimiento desencadenado para presentar el informe del estado del búfer preventivo;
- cancelar, si lo hay, el procedimiento desencadenado de consulta de velocidad binaria recomendada;
- cancelar, si la hay, la confirmación desencadenada de concesión de enlace ascendente configurada;
- cancelar, si la hay, la confirmación desencadenada de concesión de enlace lateral configurada;
- cancelar, si la hay, la consulta desencadenada del símbolo de guarda deseado;
- vaciar los búferes de software para todos los procesos HARQ de DL;
- para cada proceso HARQ de DL, considerar la siguiente transmisión recibida para un TB (Transport Block, Bloque de Transporte) como la primera transmisión;
- liberar, si lo hay, el C-RNTI temporal;
- reiniciar todos los BFI_COUNTER;
- reiniciar todos los LBT_COUNTER.

El procedimiento de reinicio de MAC se utiliza para cancelar los procedimientos en curso relevantes y reiniciar todos los estados y contadores internos de UE. Se puede aplicar en diversos escenarios que incluyen pero no se limitan a los siguientes:

- durante el traspaso, en el que el UE reinicia la entidad MAC para la fuente, antes de crear una entidad MAC para el destino;
- el temporizador T300 caduca;
- las capas superiores abortan el procedimiento de establecimiento de conexión RRC, mientras que el UE aún no ha entrado en RRC_CONNECTED;
- SCG es liberado;
- el temporizador T304 caduca (reconfiguración con error de sincronización);

- en el caso de ir a RRC_IDLE; y
- falla de MCG o SCG.

En general, el procedimiento de reinicio de MAC existente le da a la entidad MAC un "borrón y cuenta nueva", por ejemplo, para configurar otra entidad MAC para un destino durante el traspaso. Por el contrario, la reconfiguración de MAC aplica nuevos parámetros de la red a la entidad MAC, la que se mantiene en funcionamiento. Sin embargo, ninguno de los dos procedimientos es apropiado para SCG en el estado desactivado. La comprensión general en 3GPP es que la transmisión de datos de UL/DL en el SCG está suspendida cuando el SCG está en el estado desactivado. Sin embargo, no se ha discutido cómo los procesos y procedimientos UP de UE se ven afectados por el estado desactivado de SCG que incluye procesos y procedimientos realizados por la o las entidades MAC de UE.

Por un lado, algunos procedimientos de la entidad MAC se deben detener/cancelar de manera que el UE pueda reducir el consumo de energía relacionado con SCG. Por otro lado, algunos otros procedimientos de la entidad MAC no se deben detener/cancelar de manera que el UE pueda reactivar rápidamente el SCG cuando sea necesario. Es más, las acciones de UE en el caso de reactivación del SCG no están claras. Dado que las acciones de reinicio/reconfiguración de MAC se aplican solo una vez, no está claro si se aplican cuando SCG está desactivado o cuando se reactiva más tarde SCG.

En algunos escenarios, en el estado desactivado de SCG, UE utiliza la funcionalidad para presentar el informe del estado del búfer en la entidad MAC del lado SCG de manera que la llegada de los datos del enlace ascendente en el SCG puede desencadenar una petición de reactivación de SCG. Sin embargo, el mecanismo BSR tal como se define en la especificación MAC no funciona en el estado desactivado de SCG, dado que la entidad MAC no está activada y los mecanismos de recuperación necesarios para BSR no están preparados (por ejemplo, los temporizadores pertinentes no están funcionando). Por ejemplo, si se cancela un procedimiento BSR en el caso de recibir un comando de desactivación de SCG (es decir, no se envía BSR), el UE no desencadena otro

BSR incluso si hay más datos que provienen en el mismo LCH.

En otro ejemplo, si la entidad MAC se reinicia solamente en el caso de reanudación de la entidad MAC, algunos procedimientos en curso en el caso de suspensión de la entidad MAC (por ejemplo, SR debido a BFR, falla LBT consistente, etcétera) desencadenarían una SR y acceso aleatorio innecesarios para indicar la necesidad de reactivación de SCG. En otro ejemplo, si la entidad MAC se reinicia solamente en el caso de suspensión de la entidad MAC, algunos parámetros MAC no se reinician en el estado o valor correcto (por ejemplo, el valor Bj para el canal lógico y el PHR periódico).

Por consiguiente, las formas de realización de la presente divulgación proveen técnicas novedosas, flexibles y eficientes por lo cual los procedimientos MAC en curso (es decir, cuando la entidad MAC se encuentra en un estado operativo normal) se dividen en primera, segunda y tercera partes. Cuando la entidad MAC está suspendida, se reinician los procedimientos de la primera parte. Cuando se reanuda la entidad MAC, se reinician los procedimientos de la tercera parte. Además, los procedimientos de la segunda parte permanecen activos (por ejemplo, se mantienen en curso) durante el período entre la suspensión y la reanudación.

En resumen, cuando la entidad MAC está suspendida de un UE, el UE cancela la mayoría de los procedimientos MAC en curso, excepto los siguientes procedimientos en curso que no se cancelan y/o permanecen en curso:

- procedimientos para presentar el informe del estado del búfer (BSR);
- procedimientos de petición de planificación (SR) que son desencadenados por un BSR, es decir, para presentar el informe del volumen de datos; y
- procedimientos de acceso aleatorio debidos a la transmisión de un BSR pendiente.

Cuando la entidad MAC del UE está suspendida, el UE realiza uno de las siguientes:

- monitorea la llegada del tráfico de datos con los mecanismos BSR y considera que *logicalChannelSR-DelayTimer* tiene un valor de 0 y/o *logicalChannelSR-DelayTimerApplied* es falso;

- habilita que se desencadene BSR en base al volumen de datos de algunos canales lógicos configurados por RRC, y tal desencadenamiento de BSR solo es válido cuando la entidad MAC está suspendida; o
- desencadena SR en base al volumen de datos de algunos canales lógicos configurados por RRC.

Cuando se reanuda la entidad MAC del UE, el UE realiza una o más de las siguientes operaciones:

- reiniciar a cero el parámetro de priorización Bj para cada canal lógico;
- considerar que todos los canales lógicos que pertenecen a un LCG no incluyen datos de UL disponibles justo antes que se reanude la entidad MAC;
- reanudar cualquier concesión configurada (CG) de UL de tipo 1 de la red;
- desencadenar un PHR; y
- iniciar un proceso aleatorio en la PCell.

Las formas de realización pueden proveer diversos beneficios, ventajas y/o soluciones para los problemas descritos en la presente. Por ejemplo, las formas de realización facilitan la suspensión y la reanudación de una entidad MAC para soportar la desactivación y la reactivación de SCG y la correspondiente reducción del consumo de energía en UE, tal como que permite que un UE desencadene un procedimiento BSR y/o un informe del volumen de datos de una manera rápida y confiable. De esta manera, se puede informar rápidamente a la red sobre la necesidad de un UE de reactivar un SCG desactivado (por ejemplo, debido a la llegada de tráfico UL), lo que puede reducir y/o minimizar la latencia de la transmisión de datos de UL.

En la siguiente discusión, los términos "SCG suspendido", "SCG desactivado", "SCG inactivo" y "SCG en modo de energía reducida" se usan de manera intercambiable. Sin embargo, desde la perspectiva del UE, "SCG en modo de energía reducida" significa que el UE está funcionando en un modo de energía reducida con respecto a SCG. Del mismo modo, los términos "SCG reanudado", "SCG activado", "SCG activo", "SCG en modo de energía normal", "funcionamiento de SCG normal " y "funcionamiento de SCG heredado" se

utilizan de manera intercambiable. Desde el punto de vista del UE, "SCG en modo de energía normal" significa que el UE está funcionando en un modo de energía normal (es decir, no reducido) con respecto a SCG. Los ejemplos de operaciones son procedimientos de recepción/transmisión de señales de UE, por ejemplo, mediciones de RRM (Radio Resource Management, Administración de Recursos Radioeléctricos), recepción de señales, transmisión de señales, configuración de medición, informe de medición, evaluación de informes de medición de eventos desencadenados, etcétera.

En lo que sigue se describen formas de realización en términos de un SCG que está suspendido para un UE configurado con DC. Sin embargo, se pueden aplicar principios similares a un MCG que está suspendido para un UE configurado con DC.

En lo que sigue los términos "informe del estado del búfer" y "BSR" se refieren a una indicación de un UE para una red sobre el volumen de datos de UL disponible en el UE. Esto incluye un BSR transmitido por medio de un MAC CE basado en una concesión UL recibida de la red. Esto también incluye el caso en el que no hay una concesión UL para la transmisión del BSR, de modo que un UE debe obtener una concesión UL transmitiendo una SR en un recurso PUCCH válido o iniciando un procedimiento de acceso aleatorio sin un recurso PUCCH válido.

En lo que sigue, los términos "informe del estado del búfer" y "BSR" se utilizan genéricamente para abarcar todas las formas de BSR que incluyen BSR corto, BSR truncado corto, BSR largo y BSR truncado largo. Por ejemplo, si más de un LCG tiene datos de UL disponibles para la transmisión cuando se incorpora una MAC PDU que contiene el BSR en el MAC SCG, el UE puede transmitir un BSR largo para todos los LCG que tienen datos de UL disponibles. De lo contrario, si solo un LCG tiene datos de UL disponibles, el UE puede transmitir un BSR corto que informa el volumen de datos de UL disponible para ese LCG. También se puede realizar una selección adicional de formatos regulares o truncados.

En general, hay una y solo una entidad MAC para un SCG. Si el SCG está desactivado, entonces la entidad MAC asociada está suspendida (que como

alternativa se puede denominar como desactivada) hasta que se reactiva el SCG, momento en el que se reanuda la entidad MAC asociada (que como alternativa se puede denominar desactivada).

La siguiente descripción se refiere a una entidad MAC de SCG que está suspendida y reanudada. La suspensión/reanudación MAC también se puede utilizar en otros casos que SCG desactivado que incluyen pero no se limitan a los siguientes:

- Durante un "traspaso de conexión antes de desconexión", la entidad MAC de MCG está suspendida (en lugar de reiniciarse) y luego se reanuda después que el UE se asocie con la PCell de destino.
- En el caso de múltiple conectividad de multi-RAT (MR-MC), se podrían desactivar uno o más SCG de modo que sus respectivas entidades MAC se podrían suspender y luego reanudar.

Lo que sigue describe diversas operaciones realizadas por una entidad MAC (alojada por un UE) en el caso de suspensión o reanudación. El orden en el que se describen estas operaciones no se corresponde necesariamente con el orden en el cual se realizan estas operaciones, a menos que se indique expresamente lo contrario o que el contexto circundante lo requiera implícitamente. En otras palabras, las operaciones se pueden realizar en diversos órdenes.

En la Figura 16 se muestra una visión general de las operaciones realizadas por el UE en el caso de suspensión de la entidad MAC. Estas operaciones se describen con más detalle a continuación.

En algunas formas de realización, en el caso de suspensión de la entidad MAC, el UE establece los nuevos indicadores de datos (NDI) para todos los procesos HARQ de UL en un valor de cero (0). Esto asegura que, después que se reanuda la entidad MAC, el UE y la red están alineados en el valor NDI utilizado para indicar si la concesión UL es una nueva transmisión o una retransmisión. Por ejemplo, un valor NDI incorrecto hace que el UE necesite una retransmisión, pero la red tiene la intención de planificar una transmisión inicial. Como una alternativa, el UE establece los NDI para todos los procesos HARQ de

enlace ascendente en cero cuando se reanuda la entidad MAC.

En algunas formas de realización, en el caso de suspensión de la entidad MAC, el UE cancela cualquiera de los siguientes procedimientos que se han desencadenado (es decir, que están en curso):

- PHR;
- recuperación de falla de LBT consistente;
- recuperación de falla de haz (BFR);
- BSR preventivo;
- consulta de velocidad binaria recomendada;
- confirmación de CG de UL;
- confirmación de CG de enlace lateral (SL); y
- consulta del símbolo de guarda deseado (DSG).

En algunas formas de realización, en el caso de suspensión de la entidad MAC, el UE vacía los búferes de software para los procesos HARQ de DL y considera la siguiente transmisión recibida para un TB como la primera transmisión. Esto asegura que, después que se reanuda la entidad MAC, el UE y la red están alineados en si planificar una transmisión inicial o una retransmisión para un HARQ de DL. En una alternativa, el UE vacía los búferes de software para cada proceso HARQ de DL cuando se reanuda la entidad MAC.

En algunas formas de realización, el UE realiza las siguientes operaciones en el caso de suspensión de la entidad MAC:

- liberar cualquier C-RNTI temporal;
- reiniciar todos los BFI_COUNTER;
- reiniciar todos los LBT_COUNTER; y
- reiniciar todos los SR_COUNTER.

En algunas formas de realización, el UE realiza las siguientes operaciones en el caso de suspensión de la entidad MAC:

- detener cualquier procedimiento de acceso aleatorio (RA) en curso;
- vaciar el búfer de Msg3;
- vaciar el búfer de MSGA; y
- cancelar cualquier procedimiento SR desencadenado.

En una variante, el UE realiza las siguientes operaciones en el caso de suspensión de la entidad MAC, excepto cuando un procedimiento RA en curso es causado por un BSR pendiente:

- detener cualquier procedimiento RA en curso;
- vaciar el búfer de Msg3;
- vaciar el búfer de MSGA;

Un procedimiento RA puede ser desencadenado, por ejemplo, por la recuperación de una falla de haz o por la falta de un recurso PUCCH válido para transmitir SR que se desencadena por un MAC CE de falla de LBT. Es posible que no tenga sentido mantener un procedimiento RA en ejecución si el procedimiento RA es desencadenado por esos eventos, ya que la red no puede recuperar nada después de recibir esta indicación y puede que no conozca la razón del RA del UE. Por otra parte, si el procedimiento RA es desencadenado debido a un BSR pendiente, entonces la red debe saberlo tan pronto como sea posible. Incluso si estos procedimientos también pueden ser desencadenados posteriormente en el estado desactivado de SCG, esto puede causar un retardo inaceptable.

En otra variante, en el caso de suspensión de la entidad MAC, el UE cancela cualquier procedimiento SR desencadenado, excepto la SR desencadenada por el BSR que es desencadenada por un canal lógico. Por ejemplo, el UE puede cancelar los procedimientos SR desencadenados por SCell BFR o la recuperación de falla de LBT consistente. Puede no tener sentido mantener los procedimientos SR para estas recuperaciones de fallas, ya que la red no puede recuperar nada después de recibir esta indicación. Por otra parte, si un procedimiento SR es desencadenado debido a un BSR pendiente, entonces la red debe saberlo tan pronto como sea posible. Aunque estos procedimientos también se pueden desencadenar más tarde en el estado desactivado de SCG, esto puede causar un retardo inaceptable.

En algunas formas de realización, en el caso de suspensión de la entidad MAC, el UE conserva (o mantiene) cualquier procedimiento BSR en curso. Esto contrasta con el procedimiento de reinicio de entidad MAC, en el que se cancela

cualquier procedimiento BSR desencadenado.

En general, BSR se desencadena cuando el UE tiene datos para transmitir, pero no tiene una concesión UL apropiada para hacerlo. Sin embargo, puede haber una condición de carrera en la que la red aún no está al tanto que el UE tiene datos para transmitir cuando muy recientemente el mismo envió un comando de desactivación de SCG. Por ejemplo, la red puede desactivar el SCG aproximadamente al mismo tiempo que llegan a los búferes del UE los datos que se van a transmitir en el SCG. Al mantener el procedimiento BSR en el caso de suspensión de la entidad MAC (es decir, debido a la desactivación de SCG), el UE puede indicar la necesidad de la activación de SCG tan pronto como sea posible. Si un procedimiento BSR se cancela al recibir un comando de desactivación de SCG de tal modo que no se envía un BSR, existe el riesgo que después nunca se desencadene el procedimiento BSR cuando llegan más datos en el LCH que desencadenaron el procedimiento BSR. Esto puede ocurrir bajo los procedimientos BFR existentes, tal como se discutió anteriormente. Mantener los procedimientos de BSR en curso después de la suspensión puede evitar este problema.

La condición de carrera descrita anteriormente se debe a que el UE no puede rechazar un comando de desactivación de SCG de la red. En una variante, cuando el UE recibe un comando de desactivación de SCG de la red, aproximadamente cuando se desencadena presentar el informe BSR por la llegada de datos de UL, el UE puede rechazar el comando de desactivación de SCG. Esto también evita la condición de carrera.

En algunas formas de realización, en el caso de suspensión de la entidad MAC, el UE detiene todos los temporizadores de ejecución y/o considera que todos los temporizadores de ejecución han caducado, excepto para formas de realización particulares como se especifica a continuación:

- El *retxBSR-Timer* se mantiene en ejecución de manera que el UE puede desencadenar un BSR regular, el único tipo que puede desencadenar posteriormente una petición de planificación/acceso aleatorio.
- Al menos el *timeAlignmentTimer* asociado con el grupo de avance de

temporización de PCell (PTAG, PCell timing advance group) se mantiene en ejecución, de modo que el UE puede transmitir SR en la PSCell si este temporizador no ha caducado. En otras palabras, el UE considera que solo ha caducado el *timeAlignmentTimer* asociado con cualquier STAG o el UE considera que ninguno de los *timeAlignmentTimers* ha caducado.

En algunas formas de realización, en el caso de suspensión de la entidad MAC, el UE realiza las siguientes operaciones en cualquier celda que tenga un *timeAlignmentTimer* asociado que no ha caducado:

- borrar cualesquiera asignaciones de DL configuradas y los UL CG; y
- borrar cualquier recurso PUSCH para presentar el informe de CSI semipersistente.

En una variante, en el caso de suspensión de la entidad MAC, el UE suspende solamente las CG de UL de tipo 1 en cualquier celda que tenga un *timeAlignmentTimer* asociado que no ha caducado.

En algunas formas de realización, en el caso de suspensión de la entidad MAC, el UE notifica a la capa RRC que libere los recursos PUCCH para todas las celdas de servicio cuyo *timeAlignmentTimer* no ha caducado, excepto los recursos PUCCH para SR. En una variante, el UE notifica a la capa RRC que libere los recursos PUCCH para todas tales celdas de servicio, excepto la PSCell. De esta manera, el UE puede mantener los recursos PUCCH en la PSCell, lo que elimina la necesidad de que la red monitoree otras celdas de servicio para las transmisiones SR de UE.

Ahora se describirán con más detalle las operaciones realizadas por el UE mientras la entidad MAC está suspendida. Las formas de realización se describen como primera, segunda y tercera alternativas, aunque estos números no indican ninguna preferencia particular entre las tres alternativas.

Ahora se describirá la primera alternativa. En algunas formas de realización, mientras la entidad MAC está suspendida, el UE sólo puede desencadenar un procedimiento BSR. Este procedimiento posteriormente desencadenaría una SR si no hay UL-SCH en la entidad MAC de SCG. Si no hay ningún recurso PUCCH válido configurado para la SR pendiente, se

desencadena un procedimiento RA en SpCell.

En una variante, mientras la entidad MAC está suspendida, se puede desencadenar un BSR regular en la entidad MAC desactivada con *logicalChannelSR-DelayTimer* configurado a un valor de cero, o con *logicalChannelSR-DelayTimerApplied* configurado como "falso", independientemente de cómo RRC haya configurado previamente estos parámetros. De esta manera, no hay retardo para que el UE desencadene una SR mientras el SCG está en un estado desactivado.

Ahora se describirá la segunda alternativa. En algunas formas de realización, mientras la entidad MAC está suspendida, sólo se puede desencadenar un BSR regular si el volumen de datos de los LCH particulares es distinto de cero. Este mecanismo de desencadenamiento solo se aplica cuando la entidad MAC está en el modo suspendido. El volumen de datos se calcula en la capa PDCP, tal como se describe en la cláusula 5.6 de TS 38.323 (versión 16.2.0) de 3GPP.

Como un ejemplo, solo se consideran volúmenes de datos para los LCH distintos que una entidad RLC secundaria dividida para desencadenar un BSR. Para esas entidades RLC secundarias divididas, las mismas solo necesitan activarse si la cantidad total del volumen de datos de PDCP y el volumen de datos de RLC pendientes para la transmisión inicial es mayor que *ul-DataSplitThreshold*, pero también se puede indicar el mismo volumen de datos a la entidad MAC de MCG y entonces no es necesario desencadenar un informe del volumen de datos para estas entidades RLC.

Como otro ejemplo, solamente son considerados para desencadenar un BSR los volúmenes de datos para los LCH que pertenecen a un LCG. El campo *logicalChannelGroup* es un campo opcional en la configuración de un canal lógico, de modo que se supone que los canales lógicos que no pertenecen a un grupo de canales lógicos tienen datos críticos sin retardo sin necesidad de desencadenar un informe del volumen de datos cuando el SCG está desactivado.

Como otro ejemplo, los LCH particulares que pueden desencadenar un

informe del volumen de datos cuando el SCG está desactivado pueden ser configurados por RRC en la red. En general, estos LCH configurados deben tener requisitos de latencia más estrictos que otros LCH que no están configurados de esta manera.

Como otro ejemplo, solo los LCH distintos que LCH UL-CCCH (Common Control Channel, Canal de Control Común) pueden desencadenar un informe del volumen de datos cuando el SCG está desactivado.

Ahora se describirá la tercera alternativa. En algunas formas de realización, mientras la entidad MAC está suspendida, el UE no puede desencadenar ningún procedimiento, excepto monitorear el volumen de datos de alguno o algunos LCH particulares. Si el volumen de datos monitoreado es distinto de cero, entonces el UE desencadena una SR, pero bajo la condición de que no hay un recurso UL-SCH. En una variante, la SR se desencadena solamente cuando no se desencadenó previamente, es decir, solo se desencadena un único de estos SR en la entidad MAC.

En lugar de estar asociado con cualquier LCH, esta SR puede estar asociada con una configuración de SR separada en RRC IE *MAC-CellGroupConfig*, tal como un *schedulingRequestId*. A continuación se muestra una estructura de datos ASN.1 ejemplificativa para el IE *MAC-CellGroupConfig*, en la que se ha agregado este campo.

*** Comienza una estructura de datos ASN.1 ejemplificativa ***

```
MAC-CellGroupConfig ::= SEQUENCE {  
    [...]  
    schedulingRequestID-PCellActivate SchedulingRequestId OPTIONAL, -- Need  
R  
}
```

*** Fin de la estructura de datos ASN.1 ejemplificativa ***

Una vez que se desencadena esta SR, la misma pasa ser pendiente. La SR pendiente es cancelada y (cuando se ejecuta) se detiene el correspondiente *sr-ProhibitTimer*, cuando es verdadera cualquiera de las siguientes condiciones:

- las fuentes SCH de UL son asignadas por la red en esta entidad MAC, por

ejemplo, mediante la detección de un PDCCH correcto en la PSCell que contiene una concesión UL;

- se reanuda la entidad MAC, por ejemplo, recibiendo un mensaje RRC de MCG para activar el SCG; y/o
- la entidad MAC no tiene un recurso PUCCH válido configurado para la SR pendiente y, en cuyo caso, se desencadena un procedimiento RA.

En algunas formas de realización, el UE está configurado con un conjunto de recursos PUCCH para transmitir la SR en una BWP y este conjunto de recursos PUCCH siempre se considera como válido, incluso si el SCG está desactivado.

El volumen de datos se calcula en la capa PDCP, como se describe con más detalle en la sección 5.6 de TS 38.323 (versión 16.2.0) de 3GPP. En una variante, solo los datos de los LCH distintos que la entidad RLC secundaria dividida pueden desencadenar un informe del volumen de datos. En otra variante, solo los LCH que pertenecen a un LCG pueden desencadenar un informe del volumen de datos. En otra variante, los LCH que pueden desencadenar el informe del volumen de datos para un SCG desactivado son configurados por la red (por ejemplo, por medio de RRC). En otra variante, solo se consideran los LCH distintos de LCH UL-CCCH.

En una variación de la tercera alternativa, la entidad MAC cuando está suspendida detiene todos los procedimientos en curso y se reinicia de acuerdo con los procedimientos actuales. Mientras la entidad MAC está suspendida, el UE monitorea el volumen de datos y desencadena la SR de acuerdo con cualquiera de las técnicas discutidas anteriormente. Cuando se reanuda la entidad MAC, la entidad MAC se reinicia nuevamente de acuerdo con los procedimientos actuales.

En la Figura 17 se muestra una visión general de las operaciones realizadas por el UE en el caso de reanudación de la entidad MAC. Estas operaciones se describen con más detalle a continuación.

En diversas formas de realización, se considera que la entidad MAC se reanuda al ocurrir cualquiera de los siguientes eventos, ya sea individualmente o

en combinación:

- desencadenamiento de un procedimiento BSR en el SCG, por ejemplo, tal como por el envío de un BSR;
- enviar un acuse de recibo a un comando de red para activar el SCG;
- iniciar un procedimiento SR en el SCG, tal como al enviar una SR; y/o
- iniciar un procedimiento RA en el SCG, tal como al enviar un mensaje de RA (por ejemplo, msg1).

En algunas formas de realización, cuando se reanuda la entidad MAC, el UE reinicia el parámetro de priorización Bj para que sea cero (por ejemplo, un valor inicial) para cada canal lógico de la entidad MAC reanudada. Si en la reanudación no se establece en cero, entonces el cálculo de Bj tendría que considerar la última vez que se actualizó el Bj que podría ser mucho antes que se desactiva el SCG y entonces no es preciso ni útil. La sección 5.4.3.1 de la TS 38.321 (versión 16.5.0) de 3GPP exige que UE incremente Bj en $(PBR \times T)$ antes de cada instancia del procedimiento LCP, donde T es el tiempo transcurrido desde la última vez que se incrementó Bj. En una variación, el UE también reinicia a cero el correspondiente SBj de enlace lateral para cada canal lógico si el modo de asignación de recursos de enlace lateral 1 ha sido configurado por RRC.

En algunas formas de realización, el UE considera que ninguno de los canales lógicos que pertenecen a un LCG contiene algún dato de UL disponible en el caso de reanudación de la entidad MAC cuando se ha reactivado el SCG. Esto asegura que se pueden reanudar los procedimientos BSR heredados.

En algunas formas de realización, cuando se reanuda la entidad MAC, el UE inicia un procedimiento RA en la PSCell.

En algunas formas de realización, cuando se reanuda la entidad MAC, el UE puede reinicializar cualquier CG de UL de tipo 1 suspendida, de acuerdo con sus configuraciones almacenadas, para las celdas con un *timeAlignmentTimer* asociado que todavía se está ejecutando (es decir, no ha caducado ni se ha detenido). Estas CG de UL de tipo 1 se pueden reinicializar para que se inicien en los respectivos símbolos de acuerdo con las reglas de la sección 5.8.2.2 de

TS 38.321 de 3GPP.

En algunas formas de realización, cuando se reanuda la entidad MAC, el UE inicia un *phr-PeriodicTimer* cuando: 1) la entidad MAC tiene recursos de UL asignados para una nueva transmisión; y 2) es el primer recurso UL asignado para una nueva transmisión. De lo contrario, la red no obtendrá un PHR de acuerdo con lo configurado por el *phr-PeriodicTimer*, ya que este temporizador periódico se detuvo. En una variante, se desencadena un PHR cuando se reanuda la entidad MAC (es decir, al menos se reanuda la PSCell).

La Figura 18 muestra una ilustración de alto nivel de las operaciones de UE en el caso de suspensión, durante la suspensión y en el caso de reanudación de una entidad MAC, en particular para la primera alternativa discutida anteriormente en la que el UE puede desencadenar un procedimiento BSR durante la suspensión de la entidad MAC.

La Figura 19 muestra otra ilustración de alto nivel de las operaciones de UE en el caso de suspensión, durante la suspensión y en el caso de reanudación de una entidad MAC, en particular para la tercera alternativa discutida anteriormente en la que un UE puede desencadenar una SR durante la suspensión de la entidad MAC en base al volumen de datos monitoreados del o de los LCH particulares.

Se puede ilustrar las formas de realización descritas anteriormente con más detalle con referencia a la Figura 20 (con las partes A-B) que muestran un diagrama de flujo de un método ejemplificativo (por ejemplo, un procedimiento) para un UE configurado para que se comunique con una red inalámbrica por medio de un MCG y un SCG, de acuerdo con diversas formas de realización de la presente divulgación. El método ejemplificativo puede ser realizado por un UE (por ejemplo, un dispositivo inalámbrico, un dispositivo IoT, un módem, etcétera o un componente de los mismos), tal como se describe en otra parte de la presente. Si bien la Figura 20 muestra bloques específicos en un orden particular, las operaciones del método se pueden realizar en un orden diferente del que se muestra y se pueden combinar y/o dividir en bloques que tienen una funcionalidad diferente a la que se muestra. Los bloques u operaciones opcionales se indican

mediante líneas discontinuas.

El método ejemplificativo puede incluir operaciones del bloque 2010, en las que el UE puede, en el caso de desactivación de uno de la pluralidad de grupos de celdas, suspender una entidad MAC asociada con el grupo de celdas desactivado y realizar una o más primeras operaciones en la entidad MAC en el caso de suspensión de la entidad MAC. El método ejemplificativo también puede incluir operaciones del bloque 2020, en las que el UE puede, mientras la entidad MAC está suspendida, realizar una o más segundas operaciones relacionadas con informar los datos disponibles de UL para su transmisión por medio del grupo de celdas desactivado. El método ejemplificativo también puede incluir operaciones del bloque 2030, donde el UE puede, en el caso de reactivación del grupo de celdas desactivado, realizar una o más terceras operaciones en la entidad MAC y reanudar la entidad MAC en base a las una o más terceras operaciones.

Por ejemplo, la pluralidad de grupos de celdas incluye un MCG y un SCG, donde el SCG es el grupo de celdas que se desactiva y se reactiva.

En algunas formas de realización, realizar las primeras operaciones en la entidad MAC en el caso de suspensión en el bloque 2010 incluye las operaciones del sub-bloque 2011, donde el UE puede cancelar uno o más de los siguientes procedimientos de la entidad MAC que estaban en curso:

- acceso aleatorio (RA);
- petición de planificación (SR);
- presentar el informe del margen de potencia (PHR);
- recuperación de falla en escuchar antes de hablar (LBT) consistente;
- recuperación de falla de haz (BFR);
- presentar el informe del estado del búfer (BSR) preventivo;
- consulta de velocidad binaria recomendada;
- confirmación de concesión configurada (CG) de enlace ascendente (UL);
- confirmación de CG de enlace lateral (SL); y
- consulta del símbolo de guarda deseado (DSG).

En algunas de estas formas de realización, se aplica uno o más de los siguientes:

- se cancelan los procedimientos RA en curso que no son causados por un

BSR pendiente de transmisión, mientras que no se cancelan los procedimientos RA en curso que son causados por un BSR pendiente de transmisión; y

- se cancelan los procedimientos SR en curso que no son causados por un BSR pendiente de transmisión, mientras que no se cancelan los procedimientos SR en curso que son causados por un BSR pendiente de transmisión.

En algunas formas de realización, las una o más primeras operaciones realizadas en la entidad MAC en el caso de suspensión en el bloque 2010 incluyen las operaciones del sub-bloque 2012, donde el UE puede mantener (por ejemplo, seguir ejecutando) cualquier procedimiento BSR para los LCH de la entidad MAC que estaba en curso en el caso de suspensión de la entidad MAC.

En algunas formas de realización, las una o más primeras operaciones realizadas en la entidad MAC en el caso de suspensión en el bloque 2010 incluyen una o más de las siguientes que están denotadas por los correspondientes números del sub-bloque entre paréntesis:

- (2013) ajustar nuevos indicadores de datos (NDI) para procesos ARQ híbrida (HARQ) de UL en curso a valores de cero;
- (2014) vaciar los búferes del software para procesos HARQ de DL en curso;
- (2015) reiniciar uno o más contadores activos;
- (2016) detener o considerar que han caducado uno o más temporizadores de ejecución;
- (2017) suspender una o más concesiones de recursos de UL;
- (2018) liberar uno o más recursos PUCCH; y
- (2019) liberar uno o más identificadores temporales asignados por la red inalámbrica.

En algunas de estas formas de realización, los uno o más temporizadores de ejecución detenidos o que se considera que han caducado incluyen todos los temporizadores de ejecución, excepto que al menos uno de los siguientes se siga ejecutando en el caso de suspensión:

- un primer temporizador (por ejemplo, *retxBSR-Timer*) que desencadena un BSR regular; y
- un segundo temporizador (por ejemplo, *timeAlignmentTimer*) que desencadena una SR en una celda primaria del grupo de celdas desactivado (por ejemplo, PSCell).

En algunas de estas formas de realización, las concesiones de recursos de UL suspendidas incluyen solamente CG de UL de tipo 1 para todas las celdas que tienen un temporizador asociado que no ha caducado. En algunas de estas formas de realización, los recursos PUCCH liberados incluyen recursos PUCCH para todas las celdas que tienen un temporizador asociado que no ha caducado, excepto recursos PUCCH para transmitir SR.

En algunas formas de realización, las una o más segundas operaciones realizadas en el bloque 2020 mientras la entidad MAC está suspendida incluyen uno o más de los siguientes que se denotan con correspondientes números de sub-bloque:

- (2021) iniciar un procedimiento BSR para informar los datos disponibles de UL para su transmisión por medio del SCG desactivado;
- (2022) iniciar un procedimiento SR cuando no hay recursos disponibles PUSCH para transmitir un BSR; e
- (2025) iniciar un procedimiento RA cuando no hay recursos disponibles PUCCH para transmitir una SR.

En algunas de estas formas de realización, el procedimiento SR se inicia en el sub-bloque 2022 con un retardo sustancialmente cero después de determinar que no hay recursos PUSCH disponibles para transmitir un BSR. En otras formas de realización, iniciar el procedimiento BSR en el sub-bloque 2021 se basa en la disponibilidad de datos de UL para la transmisión en un subconjunto de todos los canales lógicos (LCH) de la entidad MAC. En algunas de estas formas de realización, el subconjunto de los LCH incluye uno o más de los siguientes:

- solo LCH que no están asociados con una entidad RLC secundaria dividida;
- solo LCH que pertenecen a un grupo de canales lógicos (LCG);
- solo LCH que transportan datos de UL sensibles al retardo; y

- LCH particulares indicados por la red inalámbrica por medio de la señalización RRC.

En otras formas de realización, las una o más segundas operaciones realizadas en el bloque 2020 mientras la entidad MAC está suspendida incluyen una o más de las siguientes que se denotan con los correspondientes números de sub-bloque:

- (2023) monitorear la disponibilidad de datos de UL en uno o más LCH de la entidad MAC;
- (2024) iniciar un procedimiento SR en base a la detección de datos de UL disponibles en al menos uno de los LCH monitoreados; e
- (2025) iniciar un procedimiento RA cuando no hay recursos disponibles PUCCH para transmitir una SR.

En algunas de estas formas de realización, iniciar el procedimiento SR en el sub-bloque 2024 se puede basar en uno o más de los siguientes:

- no se iniciaron otros procedimientos SR mientras la entidad MAC está suspendida; o
- no hay recursos físicos PUSCH de UL disponibles para transmitir un BSR.

En algunas de estas formas de realización, los LCH monitoreados (por ejemplo, en el sub-bloque 2023) incluyen uno de los siguientes subconjuntos de todos los LCH de la entidad MAC:

- solo LCH que no están asociados con una entidad RLC secundaria dividida;
- solo LCH que pertenecen a un LCG;
- solo LCH que transportan datos de UL sensibles al retardo; y
- LCH particulares indicados por la red inalámbrica por medio de la señalización RRC.

En algunas formas de realización, las una o más terceras operaciones realizadas en el bloque 2030 en el caso de reactivación del grupo de celdas desactivado incluyen una o más de las siguientes que se denotan con correspondientes números de sub-bloque:

- (2031) iniciar un procedimiento RA en una celda primaria del grupo de celdas reactivado (por ejemplo, PSCell);

- (2032) reanudar una o más concesiones de recursos de UL suspendidas;
- (2033) iniciar un temporizador para PHR periódico;
- (2034) reiniciar, con un valor inicial predeterminado, respectivos parámetros de priorización (por ejemplo, Bj) asociados con una pluralidad de los LCH de la entidad MAC; y
- (2035) considerar que cada LCH que pertenece a un LCG tiene cero datos disponibles de UL para su transmisión.

En algunas formas de realización, reanudar la entidad MAC en base a las una o más terceras operaciones en el bloque 2030 puede incluir una o más de las siguientes operaciones (por ejemplo, sobre las cuales la entidad MAC está considerada como reanudada):

- (2036) iniciar o reanudar un procedimiento BSR para una pluralidad de los LCH de la entidad MAC, en base a parámetros de priorización asociados con la pluralidad de los LCH que son reiniciados a un valor inicial predeterminado (por ejemplo, como en el bloque 2034);
- (2037) enviar un acuse de recibo a un comando de activación de un grupo de celdas de la red inalámbrica;
- (2038) iniciar un procedimiento SR en el grupo de celdas reactivado, e
- (2039) iniciar un procedimiento RA en el grupo de celdas reactivado.

En algunas de estas formas de realización, el valor inicial predeterminado con el que se reinician los parámetros de priorización es cero.

Aunque anteriormente en la presente se describieron diversas formas de realización en términos de métodos, aparatos, dispositivos, medios legibles por computador y receptores, la persona experta comprenderá fácilmente que tales métodos pueden ser incorporados mediante diversas combinaciones de hardware y software en diversos sistemas, dispositivos de comunicaciones, dispositivos de computación, dispositivos de control, aparatos, medios legibles por computador no transitorios, etcétera.

La Figura 21 muestra un ejemplo de un sistema de comunicaciones 2100 de acuerdo con algunas formas de realización. En este ejemplo, el sistema de comunicaciones 2100 incluye una red de telecomunicaciones 2102 que incluye

una red de acceso 2104, tal como una red de acceso radioeléctrico (RAN) y una red central 2106 que incluye uno o más nodos 2108 de red central. La red de acceso 2104 incluye uno o más nodos de red de acceso, tales como unos nodos de red 2110a y 2110b (uno o más de los cuales en general se pueden denominar como nodos de red 2110) o cualquier otro nodo de acceso similar de 3GPP o punto de acceso que no sea de 3GPP. Los nodos de red 2110 facilitan la conexión directa o indirecta de los UE, tal como mediante la conexión de los UE 2112a, 2112b, 2112c y 2112d (uno o más de los cuales en general se pueden denominar como UE 2112) con la red principal 2106 por medio de una o más conexiones inalámbricas.

Las comunicaciones inalámbricas ejemplificativas por medio de conexiones inalámbricas incluyen la transmisión y/o la recepción de señales inalámbricas que utilizan ondas electromagnéticas, ondas radioeléctricas, ondas infrarrojas y/u otros tipos de señales apropiadas para transmitir información sin el uso de alambres, cables u otros conductores materiales. Además, en diferentes formas de realización, el sistema de comunicaciones 2100 puede incluir cualquier cantidad de redes cableadas o inalámbricas, nodos de red, UE y/o cualesquiera otros componentes o sistemas que puedan facilitar o participar en la comunicación de datos y/o señales, ya sea por medio de conexiones cableadas o inalámbricas. El sistema de comunicaciones 2100 puede incluir y/o hacer interfaz con cualquier tipo de sistema de comunicaciones, telecomunicaciones, datos, celular, radioeléctrico y/u otro tipo de sistema similar.

Los UE 2112 pueden ser cualquiera de una amplia variedad de dispositivos de comunicaciones que incluyen dispositivos inalámbricos dispuestos, configurados y/u operativos para que se comuniquen de manera inalámbrica con los nodos de red 2110 y otros dispositivos de comunicaciones. De manera similar, los nodos de red 2110 están dispuestos, tienen capacidad, están configurados y/o son operativos para comunicarse directamente o indirectamente con los UE 2112 y/o con otros nodos o equipos de red en la red de telecomunicaciones 2102 para habilitar y/o proveer acceso de red, tal como acceso a red inalámbrica, y/o para realizar otras funciones, tal como administración en la red de telecomunicaciones

2102.

En el ejemplo que se muestra, la red principal 2106 conecta los nodos de red 2110 con uno o más anfitriones, tal como el anfitrión 2116. Estas conexiones pueden ser directas o indirectas por medio de una o más redes o dispositivos intermediarios. En otros ejemplos, los nodos de red pueden estar directamente conectados con los anfitriones. La red central 2106 incluye uno más nodos de red central (por ejemplo, el nodo 2108 de red central) que están estructurados con componentes de hardware y software. Las características de estos componentes pueden ser sustancialmente similares a las descritas con respecto a los UE, nodos de red y/o anfitriones, de modo que las descripciones de los mismos son en general aplicables a los correspondientes componentes del nodo 2108 de red central. Los nodos de red central ejemplificativos incluyen funciones de uno o más de una central de conmutación móvil (MSC, Mobile Switching Center), entidad de gestión de movilidad (MME), servidor de abonado residencial (HSS), función de gestión de acceso y movilidad (AMF), función de gestión de sesión (SMF), función de servidor de autenticación (AUSF, Authentication Server Function), función de desenmascaramiento de identificadores de suscripción (SIDF, Subscription Identifier De-concealing function), gestión de datos unificada (UDM, Unified Data Management), 'proxy' de protección perimetral de seguridad (SEPP, Security Edge Protection Proxy), función de exposición de red (NEF), y/o una función de plano de usuario (UPF).

El anfitrión 2116 puede estar bajo la propiedad o el control de un proveedor de servicios que no sea un operador o proveedor de la red de acceso 2104 y/o la red de telecomunicaciones 2102 y puede ser operado por el proveedor de servicios o en nombre del proveedor de servicios. El anfitrión 2116 puede alojar una variedad de aplicaciones para proveer uno o más servicios. Ejemplos de tales aplicaciones incluyen contenido de audio/video en vivo y pregrabados, servicios de recopilación de datos, tales como recuperación y compilación de datos bajo diversas condiciones ambientales detectadas por una pluralidad de los UE, funcionalidad de análisis, redes sociales, funciones para controlar o interactuar de otro modo con dispositivos remotos, funciones de una central de alarma y

vigilancia, o cualquier otra tal función realizada por un servidor.

En su conjunto, el sistema de comunicaciones 2100 de la Figura 21 permite la conectividad entre los UE, nodos de red y anfitriones. En ese sentido, el sistema de comunicaciones puede estar configurado para operar de acuerdo con reglas o procedimientos predefinidos, tales como estándares específicos que incluyen, pero no se limitan a: Sistema Mundial para Comunicaciones Móviles (GSM, Global System for Mobile Communications); Sistema de Telecomunicaciones Móviles Universales (UMTS, Universal Mobile Telecommunications System); Evolución a Largo Plazo (LTE) y/u otros estándares 2G, 3G, 4G, 5G apropiados, o cualquier estándar de generación futura aplicable (por ejemplo, 6G); estándares de red de área local inalámbrica (WLAN, Wireless Local Area Network), tales como los estándares 802.11 (WiFi, Wireless Fidelity, Fidelidad Inalámbrica) del Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE, Institute of Electrical and Electronics Engineers); y/o cualquier otro estándar de comunicaciones inalámbricas apropiado, tales como la interoperabilidad mundial para el acceso por microondas (WiMax, Worldwide Interoperability For Microwave Access), Bluetooth, Z-Wave, comunicaciones de campo cercano (NFC, Near Field Communication), ZigBee, LiFi (Light Fidelity, Fidelidad de Luz) y/o cualquier estándar de red de área amplia de baja potencia (LPWAN, Low Power Wide Area Network), tal como LoRa y Sigfox.

En algunos ejemplos, la red de telecomunicaciones 2102 es una red celular que implementa características estandarizadas de 3GPP. Por consiguiente, la red de telecomunicaciones 2102 puede soportar la segmentación de la red para proveer diferentes redes lógicas a diferentes dispositivos que están conectados con la red de telecomunicaciones 2102. Por ejemplo, la red de telecomunicaciones 2102 puede proveer servicios de comunicaciones ultra confiables y de baja latencia (URLLC) a algunos UE, mientras que provee servicios de banda ancha móvil mejorada (eMBB) a otros UE, y/o servicios de comunicación masiva de tipo máquina (mMTC, Massive Machine Type Communication)/IoT masiva a aún otros UE.

En algunos ejemplos, los UE 2112 están configurados para transmitir y/o

recibir información sin interacción humana directa. Por ejemplo, un UE puede estar diseñado para transmitir información a la red de acceso 2104 con una planificación predeterminada, cuando es desencadenada por un evento interno o externo, o en respuesta a peticiones de la red de acceso 2104. Además, un UE puede estar configurado para que funcione en modo mono o multi-RAT o multi-estándar. Por ejemplo, un UE puede operar con una cualquiera o una combinación de Wi-Fi, NR (Nueva Radio) y LTE, es decir, estar configurado para la conectividad dual multiradio (MR-DC), tal como E-UTRAN (Red de Acceso Radioeléctrico Terrestre UMTS Evolucionado) Nueva Radio - Conectividad Dual (EN-DC).

En el ejemplo, el concentrador 2114 se comunica con la red de acceso 2104 para facilitar la comunicación indirecta entre uno o varios UE (por ejemplo, UE 2112c y/o 2112d) y nodos de red (por ejemplo, el nodo de red 2110b). En algunos ejemplos, el concentrador 2114 puede ser un controlador, un enrutador, una fuente de contenido y analíticas o cualquiera de los otros dispositivos de comunicaciones descritos en la presente con respecto a los UE. Por ejemplo, el concentrador 2114 puede ser un enrutador de banda ancha que permite el acceso a la red principal 2106 a los UE. Como otro ejemplo, el concentrador 2114 puede ser un controlador que envía comandos o instrucciones a uno o más actuadores en los UE. Los UE, los nodos de red 2110 pueden recibir comandos o instrucciones o mediante código, guion, proceso u otras instrucciones ejecutables en el concentrador 2114. Como otro ejemplo, el concentrador 2114 puede ser un colector de datos que actúa como almacenamiento temporario de los datos de UE y, en algunas formas de realización, puede realizar análisis u otro procesamiento de los datos. Como otro ejemplo, el concentrador 2114 puede ser una fuente de contenido. Por ejemplo, en el caso de un UE que es un casco de realidad virtual, una pantalla, un altoparlante u otro dispositivo de distribución de medios, el concentrador 2114 puede recuperar activos, video, audio u otros medios de realidad virtual o datos relacionados con información sensorial por medio de un nodo de red, que el concentrador 2114 entonces provee al UE ya sea directamente, después de realizar el procesamiento local o después de agregar contenido local adicional. En aún otro ejemplo, el concentrador 2114 actúa como

un servidor 'proxy' u orquestador para los UE, en particular si uno o más de los UE son dispositivos IoT de bajo consumo.

El concentrador 2114 puede tener una conexión constante/persistente o intermitente con el nodo de red 2110b. El concentrador 2114 también puede permitir un esquema de comunicación y/o una planificación diferente entre el concentrador 2114 y los UE (por ejemplo, UE 2112c y/o 2112d), y entre el concentrador 2114 y la red central 2106. En otros ejemplos, el concentrador 2114 está conectado con la red central 2106 y/o con uno o más UE por medio de una conexión cableada. Además, el concentrador 2114 puede estar configurado para que se conecte con un proveedor de servicios M2M (Machine to Machine, Máquina a Máquina) a través de la red de acceso 2104 y/o con otro UE a través de una conexión directa. En algunos escenarios, los UE pueden establecer una conexión inalámbrica con los nodos de red 2110 mientras están todavía conectados por medio del concentrador 2114 por medio de una conexión cableada o inalámbrica. En algunas formas de realización, el concentrador 2114 puede ser un concentrador dedicado, es decir, un concentrador cuya función principal es enrutar las comunicaciones hacia/desde los UE desde/hacia el nodo de red 2110b. En otras formas de realización, el concentrador 2114 puede ser un concentrador no dedicado, es decir, un dispositivo que tiene la capacidad operativa de enrutar las comunicaciones entre los UE y el nodo de red 2110b, pero que además tiene la capacidad de operar como un punto final y/o de inicio de comunicaciones para ciertos canales de datos.

La Figura 22 muestra un UE 2200 de acuerdo con algunas formas de realización. Tal como se utiliza en la presente, un UE se refiere a un dispositivo con la capacidad, configurado, dispuesto y/u operativo para que se comunique de manera inalámbrica con los nodos de red y/u otros UE. Ejemplos de UE incluyen pero no se limitan a un teléfono inteligente, teléfono móvil, teléfono celular, teléfono de voz a través de IP (VoIP), teléfono inalámbrico de bucle local, computador de escritorio, asistente digital personal (PDA), cámaras inalámbricas, consola o dispositivo de juegos, dispositivo de almacenamiento de música, aparato de reproducción, dispositivo terminal ponible, punto extremo inalámbrico,

estación móvil, tableta, computador portátil, equipo incorporado en computador portátil (LEE), equipo montado en computador portátil (LME), dispositivo inteligente, equipo en instalaciones del cliente (CPE) inalámbrico, dispositivo inalámbrico incorporado/integrado en vehículo o montado en vehículo, etcétera. Otros ejemplos incluyen cualquier UE identificado por el Proyecto de Asociación de Tercera Generación (3GPP) que incluye un UE de Internet de las Cosas de banda estrecha (Narrow Band (NB)-IoT), un UE de comunicación de tipo máquina (MTC) y/o un UE de MTC mejorada (eMTC, enhanced MTC).

Un UE puede soportar la comunicación dispositivo a dispositivo (D2D), por ejemplo, mediante la implementación de un estándar de 3GPP para comunicación de enlace lateral, comunicación dedicada de corto alcance (DSRC, Dedicated Short-Range Communication), de vehículo a vehículo (V2V), de vehículo a infraestructura (V2I, vehicle-to-infrastructure) o de vehículo a todo (V2X, vehicle-to-everything). En otros ejemplos, un UE puede no necesariamente tener un usuario en el sentido de un usuario humano que posee o utiliza el dispositivo pertinente. En cambio, un UE puede representar un dispositivo que está destinado a la venta o para operar para un usuario humano, pero que puede no estar asociado con un usuario humano específico, o que puede no estar inicialmente asociado con un usuario humano específico (por ejemplo, un controlador de aspersor inteligente). Como alternativa, un UE puede representar un dispositivo que no está destinado a la venta o para operar para un usuario final, pero que puede estar asociado u operado para beneficio de un usuario (por ejemplo, un medidor de potencia inteligente).

El UE 2200 incluye circuitos de procesamiento 2202 que se acoplan operativamente por medio de un bus 2204 a una interfaz de entrada/salida 2206, una fuente de energía 2208, una memoria 2210, una interfaz de comunicaciones 2212 y/o cualquier otro componente, o cualquier combinación de los mismos. Ciertos UE pueden utilizar todos o un subconjunto de los componentes que se muestran en la Figura 22. El nivel de integración entre los componentes puede variar de un UE a otro. Además, ciertos UE pueden contener múltiples instancias de un componente, tal como múltiples procesadores, memorias, transceptores,

transmisores, receptores, etcétera.

Los circuitos de procesamiento 2202 están configurados para procesar instrucciones y datos y pueden estar configurados para implementar cualquier estado secuencial operativo de la máquina a fin de ejecutar las instrucciones almacenadas en la memoria 2210 como programas de computación legibles por máquina. Los circuitos de procesamiento 2202 se pueden implementar como una o más máquinas de estado implementadas por hardware (por ejemplo, en lógica discreta, matrices de puertas programables en campo (FPGA, Field Programmable Gate Array), circuitos integrados de aplicación específica (ASIC, Application Specific Integrated Circuit), etcétera); lógica programable junto con firmware apropiado; uno o más programas de computación almacenados, procesadores de propósito general, tal como un microprocesador o un procesador de señal digital (DSP, Digital Signal Processor), junto con software apropiado; o cualquier combinación de los anteriores. Por ejemplo, los circuitos de procesamiento 2202 pueden incluir múltiples unidades de procesamiento central (CPU, Central Processing Unit).

En el ejemplo, la interfaz de entrada/salida 2206 puede estar configurada para proveer una interfaz o interfaces a un dispositivo de entrada, un dispositivo de salida o uno o más dispositivos de entrada y/o salida. Algunos ejemplos de un dispositivo de salida son un altoparlante, una tarjeta de sonido, una tarjeta de video, una pantalla, un monitor, una impresora, un actuador, un emisor, una tarjeta inteligente, otro dispositivo de salida o cualquier combinación de los mismos. Un dispositivo de entrada puede permitir al usuario capturar información en el UE 2200. Algunos ejemplos de un dispositivo de entrada son una pantalla sensible al tacto o a presencia, una cámara (por ejemplo, una cámara digital, una cámara de video digital, una cámara web, etcétera), un micrófono, un sensor, un 'mouse', una bola de rastreo, una almohadilla direccional, un panel táctil, una rueda de desplazamiento, una tarjeta inteligente y similares. La pantalla sensible a presencia puede incluir un sensor táctil capacitivo o resistivo para detectar la entrada de un usuario. Un sensor puede ser, por ejemplo, un acelerómetro, un giroscopio, un sensor de inclinación, un sensor de fuerza, un magnetómetro, un

sensor óptico, un sensor de proximidad, un sensor biométrico, etcétera, o cualquier combinación de los mismos. Un dispositivo de salida puede utilizar el mismo tipo de puerto de interfaz que un dispositivo de entrada. Por ejemplo, se puede utilizar un puerto de bus de serie universal (USB, Universal Serial Bus) para proveer un dispositivo de entrada y un dispositivo de salida.

En algunas formas de realización, la fuente de energía 2208 está estructurada como una batería o un paquete de baterías. Se pueden utilizar otros tipos de fuentes de energía, tal como una fuente de energía externa (por ejemplo, un tomacorriente), dispositivo fotovoltaico, celda de energía. La fuente de energía 2208 puede incluir además circuitos de alimentación para suministrar energía, desde la propia fuente de energía 2208 y/o una fuente de energía externa, a las diversas partes del UE 2200 por medio de circuitos de entrada o una interfaz tal como un cable de alimentación eléctrica. El suministro de energía puede ser, por ejemplo, para cargar la fuente de energía 2208. Los circuitos de alimentación pueden realizar cualquier formateo, conversión u otra modificación a la alimentación de la fuente de energía 2208 para hacer que la alimentación sea apropiada para los respectivos componentes del UE 2200 a los que se suministra energía.

La memoria 2210 puede ser o estar configurada para incluir una memoria tal como la memoria de acceso aleatorio (RAM, Random Access Memory), memoria de solo lectura (ROM, Read Only Memory), memoria de solo lectura programable (PROM, Programmable Read Only Memory), memoria de solo lectura programable y borrrable (EPROM, Erasable Programmable Read Only Memory), memoria de solo lectura programable y borrrable eléctricamente (EEPROM, Electrically Erasable Programmable Read Only Memory), discos magnéticos, discos ópticos, discos duros, cartuchos extraíbles, unidades flash y así sucesivamente. En un ejemplo, la memoria 2210 incluye uno o más programas de aplicación 2214, tales como un sistema operativo, una aplicación de navegador Web, una miniaplicación 'widget', un motor de dispositivo 'gadget' u otra aplicación, y los datos correspondientes 2216. La memoria 2210 puede almacenar, para que la utilice el UE 2200, cualquiera de una variedad de diversos sistemas operativos o

combinaciones de sistemas operativos.

La memoria 2210 puede estar configurada para incluir una cantidad de unidades físicas, tales como un conjunto redundante de discos independientes (RAID, Redundant Array of Independent Discs), memoria flash, unidad flash USB, unidad de disco duro externo, unidad de almacenamiento pequeña, unidad de tipo lápiz, unidad de tipo llave, unidad de disco óptico con disco digital versátil de alta densidad (HD-DVD, High-Density Digital Versatile Disc), unidad de disco duro interno, unidad de disco óptico Blu-Ray, unidad de disco óptico de almacenamiento de datos digitales holográficos (HDDS, Holographic Digital Data Storage), módulo de memoria en línea minidual (DIMM, Dual In-Line Memory Module) externo, memoria de acceso aleatorio dinámico síncrono (SDRAM, Synchronous Dynamic Random Access Memory), SDRAM de micro-DIMM externo, memoria de tarjeta inteligente, tal como módulo a prueba de manipulaciones en la forma de una tarjeta de circuito integrado universal (UICC, Universal Integrated Circuit Card) que incluye uno o más módulos de identidad de suscriptor (SIM, Subscriber Identity Module), tal como un USIM (Universal SIM, SIM Universal) y/o ISIM (IP Multimedia Services Identity Module; Módulo de Identidad de Servicios Multimedia de IP), otra memoria o cualquier combinación de los mismos. La UICC puede ser, por ejemplo, una UICC incorporada (eUICC, embedded UICC), una UICC integrada (iUICC, integrated UICC) o una UICC extraíble que comúnmente se conoce como "tarjeta SIM". La memoria 2210 puede permitir que el UE 2200 acceda a instrucciones, programas de aplicación y similares almacenados en medios de memoria transitorios o no transitorios para descargar datos o cargar datos. Un artículo de fabricación, tal como uno que utiliza un sistema de comunicaciones, puede estar incorporado tangiblemente como memoria o en la memoria 2210, que puede ser o comprender un medio de almacenamiento legible por dispositivo.

Los circuitos de procesamiento 2202 pueden estar configurados para que se comuniquen con una red de acceso u otra red utilizando la interfaz de comunicaciones 2212. La interfaz de comunicaciones 2212 puede comprender uno o más subsistemas de comunicación y puede incluir o estar acoplada

comunicativamente a una antena 2222. La interfaz de comunicaciones 2212 puede incluir uno o más transceptores utilizados para comunicación, tal como que se comuniquen con uno o más transceptores remotos de otro dispositivo con capacidad de comunicación inalámbrica (por ejemplo, otro UE o un nodo de red en una red de acceso). Cada transceptor puede incluir un transmisor 2218 y/o un receptor 2220 apropiado para proveer comunicaciones de red (por ejemplo, ópticas, eléctricas, asignaciones de frecuencia, etcétera). Es más, el transmisor 2218 y el receptor 2220 pueden estar acoplados a una o más antenas (por ejemplo, la antena 2222) y pueden compartir componentes de circuito, software o firmware, o como alternativa se implementan por separado.

En la forma de realización ilustrada, las funciones de comunicación de la interfaz de comunicaciones 2212 pueden incluir comunicación celular, comunicación Wi-Fi, comunicación LPWAN, comunicación de datos, comunicación de voz, comunicación multimedia, comunicaciones de corto alcance tal como Bluetooth, comunicación de campo cercano, comunicación basada en la ubicación, tal como el uso del sistema de posicionamiento global (GPS, Global Positioning System) para determinar una ubicación, otra función similar de comunicación o cualquier combinación de las mismas. Las comunicaciones se pueden implementar de acuerdo con uno o más protocolos y/o estándares de comunicación, tales como IEEE 802.11, acceso de multiplexación por división de código (CDMA, Code Division Multiplexing Access), acceso múltiple por división de código de banda ancha (WCDMA, Wideband Code Division Multiple Access), GSM, LTE, Nueva Radio (NR), UMTS, WiMax, Ethernet, protocolo de control de transmisión/protocolo de Internet (TCP/IP, Transmission Control Protocol/Internet Protocol), redes ópticas síncronas (SONET, Synchronous Optical Networking), modo de transferencia asíncrono (ATM, Asynchronous Transfer Mode), QUIC, protocolo de transferencia de hipertexto (HTTP, Hypertext Transfer Protocol), y así sucesivamente.

Independientemente del tipo de sensor, un UE puede proveer una salida de datos capturados por sus sensores, a través de su interfaz de comunicaciones 2212, por medio de una conexión inalámbrica a un nodo de red. Los datos

capturados por los sensores de un UE se pueden comunicar a través de una conexión inalámbrica a un nodo de red por medio de otro UE. La salida puede ser periódica (por ejemplo, una vez cada 15 minutos si la misma informa la temperatura detectada), aleatoria (por ejemplo, para igualar la carga de los informes de varios sensores), en respuesta a un evento desencadenante (por ejemplo, se envía una alerta cuando se detecta humedad), en respuesta a una petición (por ejemplo, una petición iniciada por un usuario) o un flujo continuo (por ejemplo, una emisión de video en vivo de un paciente).

Como otro ejemplo, un UE comprende un actuador, un motor o un interruptor relacionado con una interfaz de comunicaciones configurada para recibir una entrada inalámbrica de un nodo de red por medio de una conexión inalámbrica. En respuesta a la entrada inalámbrica recibida, pueden cambiar los estados del actuador, del motor o del interruptor. Por ejemplo, el UE puede comprender un motor que ajusta las superficies de control o los rotores de un dron en vuelo de acuerdo con la entrada recibida o de un brazo robótico que realiza un procedimiento médico de acuerdo con la entrada recibida.

Un UE, cuando tiene la forma de un dispositivo de Internet de las Cosas (IoT), puede ser un dispositivo para utilizar en uno o más dominios de aplicación, donde estos dominios comprenden pero no se limitan a tecnología ponible en ciudad, aplicación industrial extendida y cuidado de la salud. Los ejemplos no limitativos de un tal dispositivo IoT es un dispositivo que es o que está incorporado en: una heladera o 'freezer' conectado, un televisor, un dispositivo de iluminación conectado, un medidor de electricidad, una aspiradora robot, un altavoz inteligente controlado por voz, una cámara de seguridad para el hogar, un detector de movimiento, un termostato, un detector de humo, un sensor de puerta/ventana, un sensor de inundación/humedad, una cerradura eléctrica de puerta, un timbre conectado, un sistema de aire acondicionado similar a bomba de calor, un vehículo autónomo, un sistema de vigilancia, un dispositivo de monitoreo meteorológico, un dispositivo de monitoreo de estacionamiento vehicular, una estación de carga de vehículo eléctrico, un reloj inteligente, un rastreador de estado físico, una pantalla montada en la cabeza para realidad aumentada (AR,

Augmented Reality) o realidad virtual (VR, Virtual Reality), un dispositivo ponible de estimulación táctil o mejora sensorial, un aspersor de agua, un dispositivo de rastreo animal o artículos, un sensor de monitoreo vegetal o animal, un robot industrial, un vehículo aéreo no tripulado (UAV, Unmanned Aerial Vehicle) y cualquier tipo de dispositivo médico, tal como un monitor de frecuencia cardíaca o un robot quirúrgico controlado remotamente. Un UE en la forma de un dispositivo IoT comprende circuitos y/o software con dependencia de la aplicación destinada del dispositivo IoT, además de otros componentes, tal como se describe en relación con el UE 2200 que se muestra en la Figura 22.

Como aún otro ejemplo específico, en un escenario IoT, un UE puede representar una máquina u otro dispositivo que realiza monitoreo y/o mediciones, y transmite los resultados de tal monitoreo y/o mediciones a otro UE y/o un nodo de red. En este caso, el UE puede ser un dispositivo M2M, que en un contexto 3GPP se puede denominar dispositivo MTC. Como un ejemplo particular, el UE puede implementar el estándar NB-IoT de 3GPP. En otros escenarios, un UE puede representar un vehículo, tal como un automóvil, un autobús, un camión, un barco y un aeroplano, u otro equipo que tiene la capacidad de monitorear y/o informar sobre su estado operativo u otras funciones asociadas con su funcionamiento.

En la práctica, se pueden utilizar juntos cualquier cantidad de UE con respecto a un único caso de uso. Por ejemplo, un primer UE puede ser o estar integrado en un dron y proveer la información de velocidad del dron (obtenida a través de un sensor de velocidad) a un segundo UE que es un control remoto que opera el dron. Cuando el usuario hace cambios desde el control remoto, el primer UE puede ajustar el acelerador del dron (por ejemplo, controlando un actuador) para aumentar o disminuir la velocidad del dron. El primer y/o el segundo UE también pueden incluir más de una de las funcionalidades descritas anteriormente. Por ejemplo, un UE puede comprender el sensor y el actuador y manejar la comunicación de datos tanto para el sensor de velocidad como para los actuadores.

La Figura 23 muestra un nodo de red 2300 de acuerdo con algunas formas

de realización. Tal como se utiliza en la presente, el nodo de red se refiere a un equipo con capacidad, configurado, dispuesto y/u operativo para que se comunique directamente o indirectamente con un UE y/o con otros nodos o equipos de red en una red de telecomunicaciones. Los ejemplos de nodos de red incluyen pero no se limitan a puntos de acceso (AP, Access Point) (por ejemplo, puntos de acceso radioeléctrico), estaciones de base (BS) (por ejemplo, estaciones de base radioeléctricas, Nodo B, Nodo B evolucionado (eNB, evolved Node B) y Nodo B de NR (gNB, Next Generation Node B)).

Las estaciones de base se pueden categorizar en base a la cantidad de cobertura que proveen (o, dicho de otro modo, su nivel de potencia de transmisión) y, por lo tanto, dependen de la cantidad de cobertura provista y se pueden denominar como estaciones de base femto, estaciones de base pico, estaciones de base micro o estaciones de base macro. Una estación de base puede ser un nodo de retransmisión o un nodo donante de retransmisión que controla una retransmisión. Un nodo de red también puede incluir una o más (o todas) las partes de una estación de base radioeléctrica distribuida, tal como unidades digitales centralizadas y/o unidades radioeléctricas remotas (RRU, Remote Radio Unit), a veces denominadas como cabezales radioeléctricos remotos (RRH, Remote Radio Head). Tales unidades radioeléctricas remotas pueden o no estar integradas con una antena como una antena de radio integrada. Las partes de una estación de base radioeléctrica distribuida también se pueden denominar nodos en un sistema de antenas distribuidas (DAS, distributed antenna system).

Otros ejemplos de nodos de red incluyen nodos de acceso 5G de múltiples puntos de transmisión (multi-TRP, multiple Transmission Point), equipos radioeléctricos multiestándar (MSR, Multi-Standard Radio) tales como MSR BS, controladores de red tales como controladores de red radioeléctrica (RNC, Radio Network Controller) o controladores de estaciones de base (BSC, Base Station Controller), estaciones de base transceptoras (BTS, Base Transceiver Station), puntos de transmisión, nodos de transmisión, entidades de coordinación de multiceldas/multidifusión (MCE, Multi-Cell/Multicast Coordination Entity), nodos de

operaciones y mantenimiento (O&M), nodos del sistema de soporte de operaciones (OSS, Operations Support System), nodos de red autoorganizada (SON, Self-Organizing Network), nodos de posicionamiento (por ejemplo, centros de localización móvil de servicio evolucionado (E-SMLC, Evolved Serving Mobile Location Center)) y/o minimización de pruebas de conducción (MDT, Minimization of Drive Test).

El nodo de red 2300 incluye circuitos de procesamiento 2302, una memoria 2304, una interfaz de comunicaciones 2306 y una fuente de energía 2308. El nodo de red 2300 puede estar compuesto por múltiples componentes físicamente separados (por ejemplo, un componente del nodo B y un componente RNC, o un componente BTS y un componente BSC, etcétera), cada uno de los cuales puede tener sus propios respectivos componentes. En ciertos escenarios en los que el nodo de red 2300 comprende múltiples componentes separados (por ejemplo, componentes BTS y BSC), uno o más de los componentes separados pueden estar compartidos entre varios nodos de red. Por ejemplo, un único RNC puede controlar múltiples Nodos B. En un tal escenario, cada par único de Nodo B y RNC puede en algunos casos considerarse como un único nodo de red separado. En algunas formas de realización, el nodo de red 2300 puede estar configurado para soportar múltiples tecnologías de acceso radioeléctrico (RAT). En tales formas de realización, algunos componentes pueden estar duplicados (por ejemplo, la memoria separada 2304 para diferentes RAT) y se pueden reutilizar algunos componentes (por ejemplo, una misma antena 2310 puede ser compartida por diferentes RAT). El nodo de red 2300 también puede incluir múltiples conjuntos de los diversos componentes ilustrados para diferentes tecnologías inalámbricas integradas en el nodo de red 2300, por ejemplo, GSM, WCDMA, LTE, NR, WiFi, Zigbee, Z-wave, LoRaWAN, identificación por radiofrecuencia (RFID, Radio Frequency Identification) o tecnologías inalámbricas Bluetooth. Estas tecnologías inalámbricas pueden estar integradas en el mismo o diferente chip o conjunto de chips y otros componentes dentro del nodo de red 2300.

Los circuitos de procesamiento 2302 pueden comprender una combinación de uno o más de un microprocesador, controlador, microcontrolador, unidad de

procesamiento central, procesador de señal digital, circuito integrado específico de la aplicación, matriz de puertas programables de campo o cualquier otro dispositivo computacional apropiado, recurso o combinación de hardware, software y/o lógica codificada operativos para proveer, ya sea solos o en conjunto con otros componentes del nodo de red 2300, tal como la memoria 2304, para proveer la funcionalidad del nodo de red 2300.

En algunas formas de realización, los circuitos de procesamiento 2302 incluyen un sistema en un chip (SOC, System on a Chip). En algunas formas de realización, los circuitos de procesamiento 2302 incluyen uno o más de circuitos del transceptor de radiofrecuencia (RF) 2312 y circuitos de procesamiento de banda base 2314. En algunas formas de realización, los circuitos del transceptor de radiofrecuencia (RF) 2312 y los circuitos de procesamiento de banda base 2314 pueden estar en chips (o conjuntos de chips), placas o unidades separadas, tales como unidades radioeléctricas y unidades digitales. En unas formas de realización alternativas, parte o la totalidad de los circuitos del transceptor de RF 2312 y los circuitos de procesamiento de banda base 2314 pueden estar en el mismo chip o conjunto de chips, placas o unidades.

La memoria 2304 puede comprender cualquier forma de memoria legible por computador volátil o no volátil que incluye pero no se limita a almacenamiento persistente, memoria de estado sólido, memoria montada de forma remota, medios magnéticos, medios ópticos, memoria de acceso aleatorio (RAM), memoria de solo lectura (ROM), medios de almacenamiento masivo (por ejemplo, un disco duro), medios de almacenamiento extraíbles (por ejemplo, una unidad flash, un disco compacto (CD, Compact Disk) o un disco de video digital (DVD, Digital Video Disk)), y/o cualesquiera otros dispositivos de memoria legibles por dispositivo y/o ejecutables por computador no transitorios, volátiles o no volátiles que almacenan información, datos y/o instrucciones que pueden ser utilizados por los circuitos de procesamiento 2302. La memoria 2304 puede almacenar cualquier instrucción, dato o información apropiada que incluye un programa de computación, software, una aplicación que incluye uno o más de instrucciones lógicas, reglas, códigos, tablas y/u otras con la capacidad de ser ejecutadas por

los circuitos de procesamiento 2302 y utilizadas por el nodo de red 2300. La memoria 2304 puede ser utilizada para almacenar cualquier cálculo realizado por los circuitos de procesamiento 2302 y/o cualquier dato recibido por medio de la interfaz de comunicaciones 2306. En algunas formas de realización, los circuitos de procesamiento 2302 y la memoria 2304 están integrados.

La interfaz de comunicaciones 2306 se utiliza en comunicaciones cableadas o inalámbricas de señalización y/o de datos entre un nodo de red, una red de acceso y/o un UE. Tal como se ilustra, la interfaz de comunicaciones 2306 comprende uno o unos puertos/terminales 2316 para enviar y recibir datos, por ejemplo, hacia y desde una red a través de una conexión cableada. La interfaz de comunicaciones 2306 también incluye circuitos frontales radioeléctricos 2318 que puede estar acoplados o, en ciertas formas de realización, ser parte de la antena 2310. Los circuitos frontales radioeléctricos 2318 comprenden filtros 2320 y amplificadores 2322. Los circuitos frontales radioeléctricos 2318 puede estar conectados con una antena 2310 y con los circuitos de procesamiento 2302. Los circuitos frontales radioeléctricos pueden estar configurados para acondicionar las señales comunicadas entre la antena 2310 y los circuitos de procesamiento 2302. Los circuitos frontales radioeléctricos 2318 puede recibir datos digitales que se enviarán a otros nodos de red o los UE por medio de una conexión inalámbrica. Los circuitos frontales radioeléctricos 2318 pueden convertir los datos digitales en una señal radioeléctrica que tiene los parámetros apropiados de canal y ancho de banda utilizando una combinación de filtros 2320 y/o amplificadores 2322. La señal radioeléctrica se puede entonces transmitir por medio de la antena 2310. De manera similar, al recibir datos, la antena 2310 puede recopilar las señales radioeléctricas que luego se convierten en datos digitales mediante los circuitos frontales radioeléctricos 2318. Los datos digitales se pueden pasar a los circuitos de procesamiento 2302. En otras formas de realización, la interfaz de comunicaciones puede comprender diferentes componentes y/o diferentes combinaciones de componentes.

En ciertas formas de realización alternativas, el nodo de red 2300 no incluye circuitos frontales radioeléctricos 2318 separados, en su lugar, los circuitos

de procesamiento 2302 incluyen circuitos frontales de radio y están conectados con la antena 2310. De manera similar, en algunas formas de realización, todos o algunos de los circuitos del transceptor de RF 2312 forman parte de la interfaz de comunicaciones 2306. En aún otras formas de realización, la interfaz de comunicaciones 2306 incluye uno o más puertos o terminales 2316, los circuitos frontales radioeléctricos 2318 y los circuito del transceptor de RF 2312 como parte de una unidad radioeléctrica (que no se muestra), y la interfaz de comunicaciones 2306 se comunica con los circuitos de procesamiento de banda base 2314 que son parte de una unidad digital (que no se muestra).

La antena 2310 puede incluir una o más antenas, o conjuntos de antenas configurados para enviar y/o recibir señales inalámbricas. La antena 2310 puede estar acoplada a los circuitos frontales radioeléctricos 2318 y puede ser cualquier tipo de antena con la capacidad de transmitir y recibir datos y/o señales de manera inalámbrica. En ciertas formas de realización, la antena 2310 está separada del nodo de red 2300 y se puede conectar con el nodo de red 2300 a través de una interfaz o puerto.

La antena 2310, la interfaz de comunicaciones 2306 y/o los circuitos de procesamiento 2302 pueden estar configurados para realizar cualquier operación de recepción y/o ciertas operaciones de obtención descritas en la presente como que son realizadas por el nodo de red. Cualquier información, datos y/o señales pueden ser recibidas desde un UE, otro nodo de red y/o cualquier otro equipo de red. De manera similar, la antena 2310, la interfaz de comunicaciones 2306 y/o los circuitos de procesamiento 2302 pueden estar configurados para realizar cualquier operación de transmisión descrita en la presente como que es realizada por el nodo de red. Cualquier información, datos y/o señales pueden ser transmitidos a un UE, a otro nodo de red y/o a cualquier otro equipo de red.

La fuente de energía 2308 provee energía de forma apropiada a los diversos componentes del nodo de red 2300 para los respectivos componentes (por ejemplo, al nivel de tensión y corriente necesario para cada respectivo componente). La fuente de energía 2308 puede además comprender o estar acoplada a circuitos de gestión de energía para suministrar energía a los

componentes del nodo de red 2300 para realizar la funcionalidad descrita en la presente. Por ejemplo, el nodo de red 2300 se puede conectar con una fuente de energía externa (por ejemplo, la red eléctrica, un tomacorriente) por medio de circuitos o interfaz de entrada, tal como un cable eléctrico, por lo cual la fuente de energía externa suministra energía a los circuitos de alimentación de la fuente de energía 2308. Como un ejemplo adicional, la fuente de energía 2308 puede comprender una fuente de energía en la forma de una batería o un paquete de baterías que está conectado o integrado con los circuitos de alimentación. La batería puede proveer energía de reserva en el caso que falle la fuente de energía externa.

Las formas de realización del nodo de red 2300 pueden incluir componentes adicionales más allá de los que se muestran en la Figura 23 para proveer ciertos aspectos de la funcionalidad del nodo de red que incluye cualquiera de las funcionalidades descritas en la presente y/o cualquier funcionalidad necesaria para soportar el contenido descrito en la presente. Por ejemplo, el nodo de red 2300 puede incluir equipos de interfaz de usuario para permitir la entrada de información en el nodo de red 2300 y para permitir la salida de información desde el nodo de red 2300. Esto puede permitir que un usuario realice funciones de diagnóstico, mantenimiento, reparación y otras funciones administrativas del nodo de red 2300.

La Figura 24 es un diagrama de bloques de un anfitrión 2400, que puede ser una forma de realización del anfitrión 2116 de la Figura 21, de acuerdo con diversos aspectos descritos en la presente. Tal como se utiliza en la presente, el anfitrión 2400 puede ser o comprender diversas combinaciones de hardware y/o software que incluyen un servidor autónomo, un servidor de cuchilla, un servidor implementado en la nube, un servidor distribuido, una máquina virtual, contenedor o recursos de procesamiento en una torre de servidores. El anfitrión 2400 puede proveer uno o más servicios a uno o más de los UE.

El anfitrión 2400 incluye circuitos de procesamiento 2402 que se acoplan operativamente por medio de un bus 2404 a una interfaz de entrada/salida 2406, una interfaz de red 2408, una fuente de energía 2410 y una memoria 2412. En

otras formas de realización se pueden incluir otros componentes. Las características de estos componentes pueden ser sustancialmente similares a las descritas con respecto a los dispositivos de las figuras anteriores, tales como las Figuras 22 y 23, de modo que las descripciones de las mismas son sustancialmente aplicables a los correspondientes componentes del anfitrión 2400.

La memoria 2412 puede incluir uno o más programas de computación que incluyen uno o más programas de aplicación del anfitrión 2414 y datos 2416 que pueden incluir datos de usuario, por ejemplo, datos generados por un UE para el anfitrión 2400 o datos generados por el anfitrión 2400 para un UE. Las formas de realización del anfitrión 2400 pueden utilizar solamente un subconjunto o todos los componentes que se muestran. Los programas de aplicación del anfitrión 2414 se pueden implementar en una arquitectura basada en contenedores y pueden proveer soporte para códecs de video (por ejemplo, codificación de video versátil (VVC, Versatile Video Coding), codificación de video de alta eficiencia (HEVC, High Efficiency Video Coding), codificación avanzada de video (AVC, Advanced Video Coding), MPEG (Moving Pictures Experts Group, Grupo de Expertos en Imágenes en Movimiento), VP9) y códecs de audio (por ejemplo, FLAC (Free Lossless Audio Codec, Codec de Audio Libre Sin Pérdidas), codificación avanzada de audio (AAC, Advanced Audio Coding), MPEG, G.711) que incluyen transcodificación para múltiples clases, tipos o implementaciones diferentes de los UE (por ejemplo, teléfonos, computadores de escritorio, sistemas de visualización ponibles, sistemas de visualización frontal). Los programas de aplicación del anfitrión 2414 también pueden proveer autenticación de usuario y comprobaciones de licencias y pueden informar periódicamente sobre estado de salud, rutas y disponibilidad del contenido a un nodo central, tal como un dispositivo en el borde de una red central. Por consiguiente, el anfitrión 2400 puede seleccionar y/o indicar un anfitrión diferente para los servicios de transmisión libre a un UE. Los programas de aplicación del anfitrión 2414 pueden soportar diversos protocolos, tales como protocolo de transmisión en vivo basada en HTTP (HLS, HTTP Live Streaming), protocolo de mensajería en tiempo real (RTMP, Real-Time Messaging Protocol), protocolo de transmisión en tiempo real

(RTSP, Real-Time Streaming Protocol), transmisión adaptativa dinámica sobre HTTP (MPEG-DASH (Dynamic Adaptive Streaming over HTTP)), etcétera.

La Figura 25 es un diagrama de bloques que ilustra un entorno de virtualización 2500 en el que las funciones implementadas por algunas formas de realización pueden ser virtualizadas. En el contexto actual, virtualizar significa crear versiones virtuales de aparatos o dispositivos que puede incluir la virtualización de plataformas de hardware, dispositivos de almacenamiento y recursos de red. Tal como se utiliza en la presente, la virtualización se puede aplicar a cualquier dispositivo descrito en la presente, o componentes del mismo, y se relaciona con una implementación en la que al menos una parte de la funcionalidad se implementa como uno o más componentes virtuales. Algunas o todas las funciones descritas en la presente se pueden implementar como componentes virtuales ejecutados por una o más máquinas virtuales (VM, Virtual Machine) implementadas en uno o más entornos virtuales 2500 hospedados por uno o más nodos de hardware, tal como un dispositivo computacional de hardware que opera como nodo de red, UE, nodo de red central o anfitrión. Además, en unas formas de realización en las que el nodo virtual no requiere conectividad radioeléctrica (por ejemplo, un nodo de red central o anfitrión), el nodo se puede entonces virtualizar completamente.

Las aplicaciones 2502 (que como alternativa se pueden denominar instancias de software, dispositivos virtuales, funciones de red, nodos virtuales, funciones de red virtual, etcétera) se ejecutan en el entorno de virtualización 2500 para implementar algunas de las características, funciones y/o beneficios de algunas de las formas de realización descritas en la presente.

El hardware 2504 incluye circuitos de procesamiento, memoria que almacena software y/o instrucciones ejecutables por los circuitos de procesamiento de hardware y/u otros dispositivos de hardware como están descritos en la presente, tal como una interfaz de red, interfaz de entrada/salida y así sucesivamente. El software puede ser ejecutado por los circuitos de procesamiento para crear una instancia de una o más capas de virtualización 2506 (que también se denominan hipervisores o monitores de máquina virtual (VMM,

virtual machine monitor)), proveer VM 2508a y 2508b (una o más de las cuales se pueden denominar en general VM 2508) y/o realizar cualquiera de las funciones, características y/o beneficios descritos en relación con algunas formas de realización descritas en la presente. La capa de virtualización 2506 puede presentar una plataforma operativa virtual que para las máquinas virtuales 2508 es similar al hardware de red.

Las máquinas virtuales 2508 comprenden procesamiento virtual, memoria virtual, red o interfaz virtual y almacenamiento virtual, y se pueden ejecutar mediante una correspondiente capa de virtualización 2506. Se pueden implementar diferentes formas de realización de la instancia de un dispositivo virtual 2502 en una o más de las VM 2508 y las implementaciones se pueden realizar de diferentes maneras. En algunos contextos la virtualización de hardware se denomina virtualización de funciones de red (NFV, network function virtualization). NFV se puede utilizar para consolidar muchos tipos de equipos de red en hardware de servidor de alto volumen estándar de la industria, conmutadores físicos y almacenamiento físico, que pueden estar ubicados en centros de datos y equipos en las instalaciones del cliente.

En el contexto de NFV, una VM 2508 puede ser una implementación de software de una máquina física que ejecuta programas como si los mismos se estuvieran ejecutando en una máquina física no virtualizada. Cada una de las VM 2508 y la parte del hardware 2504 que ejecuta esa VM, ya sea hardware dedicado a esa VM o hardware compartido por esa VM con otras de las VM, forma elementos de red virtuales separados. Todavía en el contexto de NFV, una función de red virtual es responsable de mantener funciones de red específicas que se ejecutan en una o más VM 2508 sobre el hardware 2504 y que corresponden a la aplicación 2502.

El hardware 2504 se puede implementar en un nodo de red autónomo con componentes genéricos o específicos. El hardware 2504 puede implementar algunas funciones por medio de virtualización. Como alternativa, el hardware 2504 puede ser parte de un conglomerado más grande de hardware (por ejemplo, tal como en un centro de datos o CPE) donde muchos nodos de hardware trabajan

juntos y son gestionados por medio de una administración y orquestación 2510, que, entre otras cosas, supervisa la administración del ciclo de vida de las aplicaciones 2502. En algunas formas de realización, el hardware 2504 está acoplado a una o más unidades radioeléctricas donde cada una incluye uno o más transmisores y uno o más receptores que pueden estar acoplados a una o más antenas. Las unidades radioeléctricas se pueden comunicar directamente con otros nodos de hardware por medio de una o más interfaces de red apropiadas y se pueden usar en combinación con los componentes virtuales para proveer un nodo virtual con capacidades radioeléctricas, tal como un nodo de acceso radioeléctrico o una estación de base. En algunas formas de realización, se puede proveer alguna señalización con el uso de un sistema de control 2512 que como alternativa se puede utilizar para la comunicación entre los nodos de hardware y las unidades radioeléctricas.

La Figura 26 muestra un diagrama de comunicaciones de un anfitrión 2602 que se comunica por medio de un nodo de red 2604 con un UE 2606 a través de una conexión parcialmente inalámbrica de acuerdo con algunas formas de realización. Los ejemplos de implementaciones, de acuerdo con diversas formas de realización del UE (tal como UE 2112a de la Figura 21 y/o UE 2200 de la Figura 22), nodo de red (tal como nodo de red 2110a de la Figura 21 y/o nodo de red 2300 de la Figura 23) y anfitrión (tal como anfitrión 2116 de la Figura 21 y/o anfitrión 2400 de la Figura 24) descritas en los párrafos anteriores se describirán ahora con referencia a la Figura 26.

Al igual que el anfitrión 2400, las formas de realización del anfitrión 2602 incluyen hardware, tal como una interfaz de comunicaciones, circuitos de procesamiento y memoria. El anfitrión 2602 también incluye software que es accesible para el anfitrión 2602 o se almacena en el mismo y es ejecutable mediante los circuitos de procesamiento. El software incluye una aplicación del anfitrión que puede ser operativa para proveer un servicio a un usuario remoto, tal como el UE 2606 que se conecta por medio de una conexión de transmisión libre (OTT, over-the-top) 2650 que se extiende entre el UE 2606 y el anfitrión 2602. Al proveer el servicio al usuario remoto, una aplicación del anfitrión puede proveer

datos de usuario que se transmiten utilizando la conexión OTT 2650.

El nodo de red 2604 incluye hardware que le permite comunicarse con el anfitrión 2602 y UE 2606. La conexión 2660 puede ser directa o pasar a través de una red central (tal como la red central 2106 de la Figura 21) y/o una o más redes intermedias, tales como una o más redes públicas, privadas u hospedadas. Por ejemplo, una red intermedia puede ser una red troncal o Internet.

El UE 2606 incluye hardware y software que es accesible para el UE 2606 o se almacena en el mismo y es ejecutable mediante los circuitos de procesamiento del UE. El software incluye una aplicación cliente, tal como un navegador Web o una "aplicación" específica del operador que puede ser operativa para proveer un servicio a un usuario humano o no humano por medio del UE 2606 con el soporte del anfitrión 2602. En el anfitrión 2602, una aplicación del anfitrión en ejecución se puede comunicar con la aplicación cliente en ejecución por medio de la conexión OTT 2650 que finaliza en el UE 2606 y el anfitrión 2602. Al proveer el servicio al usuario, la aplicación cliente del UE puede recibir solicitudes de datos de la aplicación del anfitrión y proveer datos de usuario en respuesta a los datos solicitados. La conexión OTT 2650 puede transferir tanto los datos solicitados como los datos de usuario. La aplicación cliente del UE puede interactuar con el usuario para generar los datos de usuario que la misma provee a la aplicación del anfitrión a través de la conexión OTT 2650.

La conexión OTT 2650 se puede extender por medio de una conexión 2660 entre el anfitrión 2602 y el nodo de red 2604 y por medio de una conexión inalámbrica 2670 entre el nodo de red 2604 y el UE 2606 para proveer la conexión entre el anfitrión 2602 y el UE 2606. La conexión 2660 y la conexión inalámbrica 2670, sobre las cuales se puede proveer la conexión OTT 2650 se han dibujado de forma abstracta para ilustrar la comunicación entre el anfitrión 2602 y el UE 2606 por medio del nodo de red 2604, sin referencia explícita a un dispositivo intermediario y al enrutamiento preciso de los mensajes por medio de estos dispositivos.

Como un ejemplo de transmisión de datos por medio de la conexión OTT 2650, en el paso 2608, el anfitrión 2602 provee datos de usuario que se pueden

realizar mediante la ejecución de una aplicación del anfitrión. En algunas formas de realización, los datos de usuario están asociados con un usuario humano particular que interactúa con el UE 2606. En otras formas de realización, los datos de usuario están asociados con un UE 2606 que comparte datos con el anfitrión 2602 sin interacción humana explícita. En el paso 2610, el anfitrión 2602 inicia una transmisión que transporta los datos de usuario al UE 2606. El anfitrión 2602 puede iniciar la transmisión en respuesta a una petición transmitida por el UE 2606. La petición puede ser a causa de una interacción humana con el UE 2606 o por la operación de la aplicación cliente que se ejecuta en el UE 2606. La transmisión puede pasar por medio del nodo de red 2604, de acuerdo con las enseñanzas de las formas de realización descritas a través de toda esta divulgación. Por consiguiente, en el paso 2612, el nodo de red 2604 transmite al UE 2606 los datos de usuario que se transportaron en la transmisión que inició el anfitrión 2602, de acuerdo con las enseñanzas de las formas de realización descritas a través de toda esta divulgación. En el paso 2614, el UE 2606 recibe los datos de usuario transportados en la transmisión que puede ser realizada por una aplicación cliente ejecutada en el UE 2606 asociada con la aplicación del anfitrión ejecutada por el anfitrión 2602.

En algunos ejemplos, el UE 2606 ejecuta una aplicación cliente que provee datos de usuario al anfitrión 2602. Los datos de usuario se pueden proveer como reacción o en respuesta a los datos recibidos del anfitrión 2602. Por consiguiente, en el paso 2616, el UE 2606 puede proveer datos de usuario, lo que puede ser realizado mediante la ejecución de la aplicación cliente. Al proveer los datos de usuario, la aplicación cliente puede además considerar una entrada de usuario recibida del usuario por medio de una interfaz de entrada/salida del UE 2606. Independientemente de la manera específica en que se proveyeron los datos de usuario, el UE 2606 inicia, en el paso 2618, la transmisión de los datos de usuario hacia el anfitrión 2602 por medio del nodo de red 2604. En el paso 2620, de acuerdo con las enseñanzas de las formas de realización descritas a través de toda esta divulgación, el nodo de red 2604 recibe datos de usuario del UE 2606 e inicia la transmisión de los datos de usuario recibidos hacia el anfitrión 2602. En el

paso 2622, el anfitrión 2602 recibe los datos de usuario transportados en la transmisión iniciada por el UE 2606.

Una o más de las diversas formas de realización mejoran el rendimiento de los servicios OTT que se proveen al UE 2606 utilizando la conexión OTT 2650, en la que la conexión inalámbrica 2670 conforma el último segmento. Más precisamente, estas formas de realización pueden facilitar la suspensión y la reanudación de una entidad MAC para soportar la desactivación y la reactivación de SCG y su correspondiente reducción en el consumo de energía de UE, tal como que permite que un UE desencadene un procedimiento BSR y/o un informe del volumen de datos de una manera rápida y confiable. De esta manera, la red puede ser rápidamente informada sobre la necesidad de un UE de reactivar un SCG desactivado (por ejemplo, debido a la llegada de tráfico UL), lo que puede reducir y/o minimizar la latencia de la transmisión de datos de UL. Tanto los usuarios como los proveedores de servicios OTT se beneficiarán de estas mejoras respecto del consumo de energía y la latencia de datos, lo que hará que estos servicios OTT sean más valiosos para ambos tipos de entidades.

En un escenario ejemplificativo, la información de estado de fabricación puede ser recopilada y analizada por el anfitrión 2602. Como otro ejemplo, el anfitrión 2602 puede procesar datos de audio y video que se pueden recuperar de un UE para su uso en la creación de correspondencias. Como otro ejemplo, el anfitrión 2602 puede recopilar y analizar datos en tiempo real para ayudar a controlar el embotellamiento de vehículos (por ejemplo, controlar semáforos). Como otro ejemplo, el anfitrión 2602 puede almacenar un video de vigilancia cargado por un UE. Como otro ejemplo, el anfitrión 2602 puede almacenar o controlar el acceso a contenido multimedia, tales como video, audio, VR o AR que puede difundir, multidifundir o unidifundir a los UE. Como otros ejemplos, se puede utilizar al anfitrión 2602 para la fijación de precios de energía, el control remoto de cargas eléctricas no críticas en el tiempo para equilibrar las necesidades de generación de energía, los servicios de localización, los servicios de presentación (tales como compilación de diagramas, etcétera a partir de datos recopilados de dispositivos remotos) o cualquier otra función de recopilación, recuperación,

almacenamiento, análisis y/o transmisión de datos.

En algunos ejemplos, se puede proveer un procedimiento de medición con el propósito de monitorear velocidad de datos, latencia y otros factores con los que mejorar las una o más formas de realización. Además, puede haber una funcionalidad de red opcional para reconfigurar la conexión OTT 2650 entre el anfitrión 2602 y el UE 2606, en respuesta a las variaciones de los resultados de medición. El procedimiento de medición y/o la funcionalidad de red para reconfigurar la conexión OTT se pueden implementar en el software y el hardware del anfitrión 2602 y/o el UE 2606. En algunas formas de realización, los sensores (que no se muestran) se pueden implementar en otros dispositivos o en asociación con los mismos a través de los cuales pasa la conexión OTT 2650; los sensores pueden participar en el procedimiento de medición suministrando valores de las cantidades monitoreadas ejemplificadas anteriormente o suministrando valores de otras cantidades físicas a partir de las cuales el software puede calcular o estimar las cantidades monitoreadas. La reconfiguración de la conexión OTT 2650 puede incluir el formato del mensaje, configuraciones de retransmisión, el enrutamiento preferido, etcétera; la reconfiguración no tiene por qué alterar directamente el funcionamiento del nodo de red 2604. Tales procedimientos y funcionalidades pueden ser conocidos y practicados en el arte. En ciertas formas de realización, las mediciones pueden implicar la señalización UE propietaria que facilita las mediciones de rendimiento, los tiempos de propagación, la latencia y similares, por medio del anfitrión 2602. Las mediciones se pueden implementar de modo el software hace que se transmitan mensajes, en particular mensajes vacíos o 'ficticios', utilizando la conexión OTT 2650 mientras se monitorean los tiempos de propagación, los errores, etcétera.

Lo anterior simplemente ilustra los principios de la divulgación. Diversas modificaciones y alteraciones a las formas de realización descritas serán evidentes para los expertos en el arte en vista de las enseñanzas de la presente. Por lo tanto, se puede apreciar que los expertos en el arte podrán idear numerosos sistemas, disposiciones y procedimientos que, aunque no se muestren o describan explícitamente en la presente, incorporan los principios de la

divulgación y que por lo tanto pueden estar dentro del espíritu y el alcance de la divulgación. Diversas formas de realización se pueden utilizar juntas entre sí, como así también intercambiar entre las mismas, como deben entenderlo los expertos en el arte.

El término unidad, tal como se utiliza en la presente, puede tener un significado convencional en el campo de la electrónica, los dispositivos eléctricos y/o los dispositivos electrónicos y puede incluir, por ejemplo, circuitos eléctricos y/o electrónicos, dispositivos, módulos, procesadores, memorias, dispositivos lógicos de estado sólido y/o discretos, programas o instrucciones de computación para llevar a cabo las respectivas tareas, procedimientos, cálculos, salidas y/o funciones de visualización y así sucesivamente, como los que se describen en la presente.

Cualesquiera pasos, métodos, características, funciones o beneficios apropiados divulgados en la presente se pueden realizar a través de una o más unidades funcionales o módulos de uno o más aparatos virtuales. Cada aparato virtual puede comprender una cantidad de estas unidades funcionales. Estas unidades funcionales se pueden implementar por medio de circuitos de procesamiento que pueden incluir uno o más microprocesadores o microcontroladores, como así también otro hardware digital que puede incluir procesadores de señales digitales (DSP), lógica digital de propósito especial y similares. Los circuitos de procesamiento pueden estar configurados para ejecutar código de programa almacenado en la memoria que puede incluir uno o varios tipos de memoria, tales como memoria de solo lectura (ROM), memoria de acceso aleatorio (RAM), memoria caché, dispositivos de memoria flash, dispositivos de almacenamiento óptico, etcétera. El código de programa almacenado en la memoria incluye instrucciones de programa para ejecutar uno o más protocolos de telecomunicaciones y/o comunicaciones de datos, como así también instrucciones para llevar a cabo una o más de las técnicas descritas en la presente. En algunas implementaciones, los circuitos de procesamiento se pueden utilizar para hacer que la respectiva unidad funcional realice las correspondientes funciones de acuerdo con una o más formas de realización de la presente divulgación.

Como se describe en la presente, el dispositivo y/o aparato puede estar representado por un chip semiconductor, un conjunto de chips o un módulo (de hardware) que comprende tal chip o conjunto de chips; esto, sin embargo, no excluye la posibilidad que una funcionalidad de un dispositivo o aparato, en lugar de ser implementada por hardware, sea implementada como un módulo de software, tal como un programa de computación o un producto de programa de computación que comprende partes de código de software ejecutable para que sea ejecutado o llevado a cabo en un procesador. Además, la funcionalidad de un dispositivo o aparato puede ser implementada por cualquier combinación de hardware y software. Un dispositivo o aparato también se puede considerar como un conjunto de múltiples dispositivos y/o aparatos, ya sea funcionalmente en cooperación con el otro o independientemente del otro. Además, los dispositivos y aparatos se pueden implementar de manera distribuida a través de todo el sistema, siempre que se conserve la funcionalidad del dispositivo o aparato. Tales y otros principios similares se consideran conocidos por una persona experta.

A menos que se defina lo contrario, todos los términos (que incluye a los términos técnicos y científicos) utilizados en la presente tienen el mismo significado que comúnmente entiende una persona experta en el arte a la que pertenece esta divulgación. Además, se entenderá que los términos utilizados en la presente se deben interpretar como que tienen un significado que es consistente con su significado en el contexto de esta solicitud y el arte relevante, y no se interpretarán en un sentido idealizado o demasiado formal a menos que así se defina expresamente en la presente.

Además, ciertos términos utilizados en la presente divulgación, que incluyen a la solicitud y las figuras, se pueden usar como sinónimos en ciertos casos (por ejemplo, "datos" e "información"). Se debe entender que aunque estos términos (y/u otros términos que pueden ser sinónimos entre sí) se pueden utilizar como sinónimos en la presente, puede haber casos en los que la intención es que tales palabras no se usen como sinónimos.

Las técnicas y aparatos descritos en la presente incluyen pero no se limitan a los siguientes ejemplos enumerados:

A1. Un método para un equipo de usuario (UE) configurado para que se comunique con una red inalámbrica por medio de un grupo de celdas maestras (MCG) y un grupo de celdas secundarias (SCG), en que el método comprende:

en el caso de desactivación del SCG, suspender una entidad de control de acceso al medio (MAC) asociada con el SCG y realizar una o más primeras operaciones en la entidad MAC en el caso de suspensión; mientras la entidad MAC está suspendida, realizar una o más segundas operaciones relacionadas con informar los datos disponibles del enlace ascendente (UL) para su transmisión por medio del SCG; y en el caso de reactivación del SCG, reanudar la entidad MAC y realizar una o más terceras operaciones en la entidad MAC en el caso de reanudación.

A2. El método de la forma de realización A1, en donde realizar las primeras operaciones en la entidad MAC en el caso de suspensión, incluye cancelar uno o más de los siguientes procedimientos que están en curso:

acceso aleatorio (RA);
petición de planificación (SR);
presentar el informe del margen de potencia (PHR);
recuperación de falla en escuchar antes de hablar (LBT) consistente;
recuperación de falla de haz (BFR);
presentar el informe del estado del búfer (BSR) preventivo;
consulta de velocidad binaria recomendada;
confirmación de concesión configurada (CG) de enlace ascendente (UL);
confirmación de CG de enlace lateral (SL); y
consulta del símbolo de guarda deseado (DSG).

A3. El método de la forma de realización A2, en donde se aplica uno o más de los siguientes:

se cancelan los procedimientos RA en curso que no son causados por un BSR pendiente de transmisión, mientras que no se cancelan los procedimientos RA en curso que son causados por un BSR pendiente de transmisión; y

se cancelan los procedimientos SR en curso que no son causados por un BSR pendiente de transmisión, mientras que no se cancelan los procedimientos SR en curso que son causados por un BSR pendiente de transmisión.

A4. El método de cualquiera de las formas de realización A1-A3, en donde realizar las primeras operaciones en la entidad MAC en el caso de suspensión incluye una o más de las siguientes:

- ajustar nuevos indicadores de datos (NDI) para todos los procesos de ARQ híbrido (HARQ) de UL en curso a valores de cero;
- vaciar los búferes del software para los respectivos procesos HARQ de enlace descendente (DL) en curso;
- reiniciar uno o más contadores activos;
- detener uno o más temporizadores de ejecución;
- considerar que han caducado uno o más temporizadores de ejecución;
- suspender una o más concesiones de recursos de UL o asignaciones de recursos de DL;
- liberar uno o más recursos del canal físico de control de UL (PUCCH); y
- liberar cualesquiera identificadores temporales asignados por la red inalámbrica.

A5. El método de la forma de realización A4, en donde los uno o más temporizadores de ejecución incluyen todos los temporizadores de ejecución, excepto que al menos uno de los siguientes se siga ejecutando en el caso de suspensión:

- un primer temporizador que desencadena un informe del estado del búfer (BSR) regular; y
- un segundo temporizador que desencadena una petición de planificación (SR) en una celda primaria (PCell) del MCG.

A6. El método de cualquiera de las formas de realización A4-A5, en donde las concesiones de recursos de UL suspendidas incluyen sólo concesiones configuradas (CG) de UL de tipo 1 para todas las celdas que tienen un temporizador asociado que no ha caducado.

A7. El método de cualquiera de las formas de realización A4-A6, en donde los recursos PUCCH liberados incluyen recursos PUCCH para todas las celdas que tienen un temporizador asociado que no ha caducado, excepto los recursos PUCCH para transmitir peticiones de planificación (SR).

A8. El método de cualquiera de las formas de realización A1-A7, en donde realizar las primeras operaciones en la entidad MAC en el caso de suspensión incluye mantener cualesquiera procedimientos para presentar el informe del estado del búfer (BSR) en curso.

A9. El método de cualquiera de las formas de realización A1-A8, en donde las segundas operaciones realizadas mientras la entidad MAC está suspendida incluyen lo siguiente:

- iniciar un procedimiento para presentar el informe del estado del búfer (BSR) para informar los datos disponibles de UL para su transmisión por medio del SCG;

- iniciar un procedimiento de petición de planificación (SR) cuando no hay recursos disponibles del canal físico compartido de UL (PUSCH) para transmitir un BSR; e

- iniciar un procedimiento de acceso aleatorio (RA) cuando no hay recursos disponibles del canal físico de control de UL (PUCCH) para transmitir una SR.

A10. El método de la forma de realización A9, en donde el procedimiento SR se inicia con un retardo sustancialmente cero después de determinar que no hay recursos PUSCH disponibles para transmitir un BSR.

A11. El método de la forma de realización A9, en donde iniciar el procedimiento BSR se basa en la disponibilidad de datos de UL para la transmisión en un subconjunto de todos los canales lógicos (LCH) de la entidad MAC.

A12. El método de la forma de realización A11, en donde el subconjunto de LCH incluye uno o más de los siguientes:

- solo LCH que no están asociados con una entidad de control de enlace radioeléctrico (RLC) secundaria dividida;

- solo LCH que pertenecen a un grupo de canales lógicos (LCG);

solo LCH que transportan datos de UL sensibles al retardo; y
LCH particulares indicados por la red inalámbrica por medio de la
señalización de control de recursos radioeléctricos (RRC).

A13. El método de cualquiera de las formas de realización A1-A8, en donde las segundas operaciones realizadas mientras la entidad MAC está suspendida incluyen lo siguiente:

monitorear la disponibilidad de los datos de UL en uno o más canales
lógicos (LCH) de la entidad MAC;

iniciar un procedimiento de petición de planificación (SR) en base a la
detección de datos de UL disponibles en al menos uno de los LCH
monitoreados; y

iniciar un procedimiento de acceso aleatorio (RA) cuando no hay recursos
disponibles del canal físico de control de UL (PUCCH) para transmitir
una SR.

A14. El método de la forma de realización A13, en donde iniciar el procedimiento SR se basa además en uno o más de los siguientes:

no se iniciaron otros procedimientos SR mientras la entidad MAC está
suspendida; o

no hay recursos disponibles del canal físico compartido de UL (PUSCH)
para transmitir un informe del estado del búfer (BSR).

A15. El método de cualquiera de las formas de realización A13-A14, en donde los LCH monitoreados incluyen uno de los siguientes subconjuntos de todos los LCH de la entidad MAC:

solo LCH que no están asociados con una entidad de control de enlace
radioeléctrico (RLC) secundaria dividida;

solo LCH que pertenecen a un grupo de canales lógicos (LCG);

solo LCH que transportan datos de UL sensibles al retardo; y

LCH particulares indicados por la red inalámbrica a por medio de la
señalización del control de recursos radioeléctricos (RRC).

A16. El método de cualquiera de las formas de realización A1-A15, en donde las terceras operaciones realizadas en el caso de reanudación de la entidad MAC

incluyen una o más de las siguientes:

- iniciar un procedimiento de acceso aleatorio (RA) en una celda SCG primaria (PSCell);
- reanudar una o más concesiones de recursos de UL o asignaciones de recursos de DL suspendidas;
- iniciar un temporizador para la presentación periódica del informe del margen de potencia (PHR);
- reiniciar los parámetros de priorización para los respectivos canales lógicos (LCH) de la entidad MAC; y
- considerar que cada LCH que pertenece a un grupo de canales lógicos (LCG) no tiene datos de UL disponibles para la transmisión.

A17. El método de cualquiera de las formas de realización A1-A15, en donde reanudar la entidad MAC comprende uno o más de los siguientes:

- iniciar un procedimiento para presentar el informe del estado del búfer (BSR) en el SCG;
- enviar un acuse de recibo a un comando de red para activar el SCG;
- iniciar un procedimiento de petición de planificación (SR) en el SCG; e
- iniciar un procedimiento de acceso aleatorio (RA) en el SCG.

B1. Un equipo de usuario (UE) configurado para que se comuniquen con una red inalámbrica por medio de un grupo de celdas maestras (MCG) y un grupo de celdas secundarias (SCG), en donde el UE comprende:

- circuitos de la interfaz de comunicaciones configurados para que se comuniquen con la red inalámbrica por medio de SCG y MCG; y
- circuitos de procesamiento acoplados operativamente a los circuitos de la interfaz de comunicaciones, por lo que los circuitos de procesamiento y los circuitos de la interfaz de comunicaciones están configurados para realizar las correspondientes operaciones para cualquiera de los métodos de las formas de realización A1-A17.

B2. Un equipo de usuario (UE) configurado para que se comuniquen con una red inalámbrica por medio de un grupo de celdas maestras (MCG) y un grupo de celdas secundarias (SCG), en que el UE está además configurado para realizar

las correspondientes operaciones para cualquiera de los métodos de las formas de realización A1-A17.

B3. Un medio legible por computador no transitorio que almacena instrucciones ejecutables por computador que cuando son ejecutadas mediante los circuitos de procesamiento de un equipo de usuario (UE) configurado para que se comuniquen con una red inalámbrica por medio de un grupo de celdas maestras (MCG) y un grupo de celdas secundarias (SCG) configura al UE para que realice las correspondientes operaciones para cualquiera de los métodos de las formas de realización A1-A17.

B4. Un producto de programa de computación que comprende instrucciones ejecutables por computador que cuando son ejecutadas mediante los circuitos de procesamiento de un equipo de usuario (UE) configurado para que se comuniquen con una red inalámbrica por medio de un grupo de celdas maestras (MCG) y un grupo de celdas secundarias (SCG) configura al UE para que realice las correspondientes operaciones para cualquiera de los métodos de las formas de realización A1-A17.