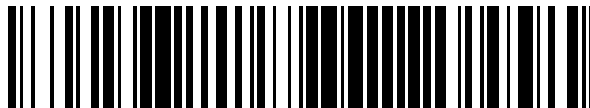


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 910 997**

51 Int. Cl.:

H04W 72/12 (2009.01)

H04W 72/08 (2009.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **18.12.2018 PCT/EP2018/085694**

87 Fecha y número de publicación internacional: **26.03.2020 WO20057766**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.12.2018 E 18825678 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.02.2022 EP 3854160**

54 Título: **Métodos y aparato para planificar recursos en redes de acceso por radio**

30 Prioridad:

21.09.2018 US 201862734338 P

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

17.05.2022

73 Titular/es:

**TELEFONAKTIEBOLAGET LM ERICSSON (PUBL)
(100.0%)
164 83 Stockholm, SE**

72 Inventor/es:

**PATEL, DHRUVIN;
DUDDA, TORSTEN;
MUNZ, HUBERTUS y
PALAIOS, ALEXANDROS**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 910 997 T3

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

DESCRIPCIÓN

Métodos y aparato para planificar recursos en redes de acceso por radio

Campo técnico

5 Las realizaciones de la descripción se refieren a métodos y aparato para planificar recursos en una red de acceso por radio (RAN).

Antecedentes

10 En general, todos los términos utilizados en la presente memoria deben interpretarse según su significado habitual en el campo técnico correspondiente, a menos que se dé claramente un significado diferente y/o se deduzca del contexto en el que se utiliza. Todas las referencias a un/una/el elemento, aparato, componente, medio, paso, etc. deben interpretarse abiertamente como referidas a al menos un caso del elemento, aparato, componente, medio, paso, etc., a menos que se indique explícitamente lo contrario. Los pasos de cualquiera de los métodos descritos en la presente memoria no tienen que realizarse en el orden exacto descrito, a menos que un paso se describa explícitamente como siguiente o anterior a otro paso y/o cuando esté implícito que un paso debe seguir o preceder a otro paso. Cualquier característica de cualquiera de las realizaciones descritas en la presente memoria se puede aplicar a cualquier otra realización, cuando sea apropiado. Asimismo, cualquier ventaja de cualquiera de las realizaciones puede aplicarse a cualquier otra realización, y viceversa. Otros objetivos, características y ventajas de las realizaciones adjuntas resultarán evidentes a partir de la siguiente descripción.

20 La Industria 4.0 es un término que se usa a menudo para referirse a una tendencia actual de automatización e intercambio de datos en la fabricación. Puede incluir conceptos y/o tecnologías como sistemas ciberfísicos, Internet de las cosas (IoT), computación en la nube y computación cognitiva. La Industria 4.0 también se denomina la cuarta revolución industrial o "I4.0" para abreviar.

25 Un escenario o caso de uso para la Industria 4.0 es la denominada "fábrica inteligente". Dentro de las fábricas inteligentes de estructura modular, los sistemas ciberfísicos monitorean los procesos físicos, crean una copia virtual del mundo físico y toman decisiones descentralizadas. A través del Internet de las cosas, los sistemas ciberfísicos se comunican y cooperan entre sí y con los humanos en tiempo real, tanto internamente como a través de los servicios organizacionales ofrecidos y utilizados por los participantes de una cadena de valor de la que forma parte la fábrica inteligente.

30 Hay cuatro principios comunes asociados con la Industria 4.0. En primer lugar, la "interoperabilidad" requiere la capacidad de conectar máquinas, dispositivos, sensores y personas para comunicarse entre sí a través de IoT o, alternativamente, el "Internet de las personas" (IoP). En segundo lugar, la "transparencia de la información" requiere que los sistemas de información tengan la capacidad de crear una copia virtual del mundo físico mediante el enriquecimiento de los modelos digitales (por ejemplo, de una fábrica inteligente) reales con datos de sensores. Por ejemplo, esto puede requerir la capacidad de agregar datos de sensores sin procesar a la información de contexto de mayor valor.

35 En tercer lugar, la "asistencia técnica" requiere que los sistemas de asistencia puedan apoyar a los humanos agregando y visualizando información de manera integral para tomar decisiones informadas y resolver problemas urgentes con poca anticipación. Este principio también puede referirse a la capacidad de los sistemas ciberfísicos de apoyar físicamente a los humanos mediante la realización de una serie de tareas que son desagradables, demasiado agotadoras o inseguras para sus compañeros de trabajo humanos. Finalmente, los sistemas ciberfísicos deberían tener la capacidad de tomar decisiones descentralizadas y realizar sus tareas con la mayor autonomía posible. En otras palabras, sólo en el caso de excepciones, interferencias u objetivos contradictorios, se deben delegar tareas a un nivel superior.

45 Estos principios asociados con la Industria 4.0 soportan varios casos de uso que imponen muchos requisitos a una infraestructura de red. Los casos de uso incluyen desde los más sencillos, como la medición de plantas, hasta los más difíciles (por ejemplo, en términos de requisitos de comunicación), como el control de movimiento preciso en una celda de fábrica robotizada. Para abordar estos requisitos, el grupo de trabajo IEEE 802.1 (en particular, el grupo de trabajo TSN) ha desarrollado un estándar de redes sensibles al tiempo (TSN). Además, la tecnología de comunicación móvil de quinta generación (5G) está siendo estandarizada por el Proyecto de Asociación de Tercera Generación (3GPP), siendo uno de los objetivos apoyar dichos requisitos de la Industria 4.0.

50 Mientras que 5G se basa en comunicaciones inalámbricas que utilizan tecnologías de evolución a largo plazo (LTE) y/o nueva radio (NR), TSN se basa en el estándar Ethernet IEEE 802.3, un estándar de comunicación por cable que está diseñado para una calidad de servicio (QoS) de "mejor esfuerzo". TSN describe una colección de características destinadas a hacer que el rendimiento de Ethernet heredada sea más determinista, incluida la sincronización de tiempo, transmisiones de baja latencia garantizada y fiabilidad mejorada. Las características de TSN disponibles en la actualidad se pueden agrupar en las siguientes categorías (que se muestran a continuación con las especificaciones IEEE asociadas):

- Sincronización de tiempo (por ejemplo, IEEE 802.1AS);
 - Baja latencia limitada (por ejemplo, IEEE 802.1Qav, IEEE 802.1Qbu, IEEE 802.1Qbv, IEEE 802.1Qch, IEEE 802.1Qcr);
 - Ultraconfiabilidad (por ejemplo, IEEE 802.1CB, IEEE 802.1Qca, IEEE 802.1Qci);
- 5
- Configuración y gestión de red (por ejemplo, IEEE 802.1Qat, IEEE 802.1Qcc, IEEE 802.1Qcp, IEEE 802.1CS).

La configuración y gestión de una red TSN se puede implementar de diferentes maneras, como se ilustra en las Figuras 1-3. Más específicamente, las Figuras 1-3 son diagramas de bloques que ilustran, respectivamente, modelos de configuración de redes sensibles al tiempo (TSN) distribuidas, centralizadas y totalmente centralizadas, como se especifica en IEEE Std. 802.1Qbv-2015. Dentro de una red TSN, los puntos finales de comunicación se denominan "Hablante" y "Oyente". Todos los conmutadores y/o puentes entre un hablante y un oyente pueden soportar ciertas características de TSN, como la sincronización de tiempo de IEEE 802.1AS. Un "dominio TSN" incluye todos los nodos que están sincronizados en la red, y la comunicación TSN solo es posible dentro de dicho dominio TSN.

La comunicación entre Hablante y Oyente se produce en flujos. Cada flujo se basa en los requisitos de tasa de datos y latencia de una aplicación implementada tanto en el hablante como en el oyente. Las características de configuración y gestión de TSN se utilizan para establecer el flujo y garantizar los requisitos del flujo en toda la red. En el modelo distribuido de la Figura 1, el Hablante y el Oyente pueden, por ejemplo, usar el protocolo de reserva de transmisión (SRP) para establecer y configurar un flujo TSN en cada conmutador a lo largo de la ruta desde el Hablante hasta el Oyente en la red TSN.

Sin embargo, algunas características de TSN pueden requerir una entidad de gestión central denominada configuración de red centralizada (CNC), como se muestra en la Figura 2. La CNC puede usar, por ejemplo, modelos Netconf y YANG para configurar los conmutadores en la red para cada flujo TSN. Esto también facilita el uso de colas controladas por tiempo (definidas en IEEE 802.1Qbv) que permiten el transporte de datos en una red TSN con latencia determinista. Con colas controladas por tiempo en cada conmutador, las colas se abren o cierran según una planificación precisa, permitiendo así que los paquetes de alta prioridad pasen con latencia y fluctuación mínimas. Por supuesto, los paquetes pueden llegar a un puerto de entrada del conmutador antes de que se planifique la apertura de la puerta. El modelo totalmente centralizado que se muestra en la Figura 3 también incluye una entidad de configuración de usuario centralizada (CUC) que se utiliza como punto de contacto para el Oyente y el Hablante. La CUC recopila los requisitos de flujo y las capacidades del punto final de los dispositivos y se comunica directamente con la CNC. Se proporcionan más detalles sobre la configuración de TSN en IEEE 802.1Qcc.

La Figura 4 muestra un diagrama de secuencia de un procedimiento de configuración de flujo TSN ejemplar basado en el modelo de configuración totalmente centralizado que se muestra en la Figura 3. Las operaciones numeradas que se muestran en la Figura 4 corresponden a la descripción a continuación. Aun así, las etiquetas numéricas se utilizan con fines ilustrativos y no para especificar un orden para las operaciones. En otras palabras, las operaciones que se muestran en la Figura 4 se pueden realizar en diferentes órdenes y se pueden combinar y/o dividir en otras operaciones que las que se muestran en la figura.

1 La CUC puede recibir información de, por ejemplo, una aplicación industrial y/o herramienta de ingeniería (por ejemplo, un control lógico programable, PLC) que especifica dispositivos y/o estaciones finales para intercambiar flujos sensibles al tiempo.

2 La CUC lee las capacidades de las estaciones finales y las aplicaciones en la red TSN, incluyendo un período/intervalo de tráfico de usuario y tamaños de carga útil.

3 En base a esta información anterior, la CUC crea StreamID como un identificador para cada flujo TSN, un StreamRank y los requisitos de UserToNetwork. En la red TSN, el streamID se usa para identificar de forma única las configuraciones de flujo y para asignar recursos TSN al flujo de un usuario. El streamID consta de las dos tuplas: 1) MacAddress asociada con el Hablante TSN; y 2) UniqueID para distinguir entre múltiples flujos dentro de las estaciones finales identificadas por MacAddress.

4 CNC descubre la topología de la red física utilizando, por ejemplo, el protocolo de descubrimiento de capa de enlace (LLDP) y cualquier protocolo de gestión de red.

5 La CNC utiliza un protocolo de gestión de red para leer las capacidades de TSN de los puentes (por ejemplo, IEEE 802.1Q, 802.1AS, 802.1CB) en la red TSN.

6 La CUC inicia solicitudes de unión para configurar los recursos de red en los puentes para un flujo TSN de un Hablante a un Oyente.

7 Los grupos de Hablantes y Oyentes (grupo de elementos que especifican un flujo TSN) son creados por la CUC, como se especifica en IEEE 802.1Qcc, 46.2.2). La CNC configura el dominio TSN y comprueba la topología física

y si los flujos sensibles al tiempo son soportados por los puentes de la red. La CNC también realiza el cálculo de la ruta y la planificación de los flujos.

8 La CNC configura las características de TSN en los puentes a lo largo de la ruta calculada en la (por ejemplo, configuración de la planificación de transmisión, como se explica más adelante).

5 9 La CNC devuelve el estado (éxito o fracaso) de la asignación de recursos resultante para los flujos al CUC.

10 La CUC configura además las estaciones finales para iniciar el intercambio de tráfico del plano de usuario (UP) como se definió inicialmente entre el Oyente y el Hablante.

10 En el modelo de configuración distribuida que se ilustra en la Figura 1, no hay CUC ni CNC. Por lo tanto, el Hablante es responsable de la iniciación de un flujo TSN. Dado que no hay CNC presente, los puentes se configuran solos, lo que no permite el uso de las colas controladas por tiempo mencionadas anteriormente. Por el contrario, en el modelo centralizado que se muestra en la Figura 2, el Hablante es responsable de la inicialización del flujo, pero los puentes son configurados por la CNC.

15 Las redes 5G estandarizadas 3GPP son una solución para conectar dispositivos inalámbricos y/o estaciones finales a una red 802.1 TSN. En general, la arquitectura de red 5G consta de una red de acceso por radio de próxima generación (NG-RAN) y una red central 5G (5GC). La NG-RAN puede comprender un conjunto de gNodeB (gNB, también denominados estaciones base) conectados al 5GC a través de una o más interfaces NG, mientras que los gNBs se pueden conectar entre sí a través de una o más interfaces Xn. Cada uno de los gNBs puede soportar la duplexación por división de frecuencia (FDD), la duplexación por división de tiempo (TDD) o una combinación de las mismas. Los dispositivos, también denominados equipos de usuario (UE), se comunican de forma inalámbrica con la red 5G a través de los gNBs.

25 La Figura 5 es un diagrama de bloques que ilustra una división ejemplar de la arquitectura de la red 5G en la funcionalidad del plano de control (CP) y del plano de datos o de usuario (UP). Por ejemplo, un UE puede comunicar paquetes de datos a un dispositivo y/o aplicación en una red externa (por ejemplo, Internet) enviándolos a través de un gNB de servicio a una función de plano de usuario (UPF), que proporciona una interfaz desde la red 5G a otras redes externas. La funcionalidad CP puede operar en cooperación con la funcionalidad UP y puede incluir varias funciones que se muestran en la Figura 5, incluida una función de gestión de acceso (AMF) y una función de gestión de sesión (SMF).

30 Aun así, existen varios retos y/o problemas que necesitan ser resueltos para el correcto interfuncionamiento de las redes 5G y TSN. En particular, existen varios retos relacionados con la configuración de una red 5G para manejar las comunicaciones de datos hacia/desde una red externa (por ejemplo, una red TSN) que están sujetas a una planificación de tiempo crítico determinada por la red externa en lugar de la red 5G. Los documentos de referencia relativos a la planificación en redes inalámbricas y, en particular, los flujos TSN son, por ejemplo:

US 2018/160424 A1 (CAVALCANTI DAVE [US] ET AL) 7 de junio de 2018;

US 2018/063020 A1 (BHAGAVATULA RAVI [US] ET AL) 1 de marzo de 2018;

35 US 2007/070902 A1 (ELAOUZ MONCEF [US] ET AL) 29 de marzo de 2007.

Compendio

Las realizaciones ejemplares descritas en la presente memoria abordan estos y otros problemas, cuestiones y/o inconvenientes de las soluciones existentes.

40 Las realizaciones ejemplares incluyen varios métodos y/o procedimientos para planificar recursos en una red de acceso por radio (RAN) según una planificación de transmisión asociada con una red externa. Dichos métodos y/o procedimientos ejemplares pueden implementarse en una red central (por ejemplo, 5GC) asociada con la RAN (por ejemplo, NG-RAN).

45 Los métodos y/o procedimientos ejemplares pueden incluir recibir, desde la red externa, una planificación de transmisión asociada con un flujo de datos sensibles al tiempo. En algunas realizaciones, la red externa comprende una red sensible al tiempo (TSN) tal como se describe en los estándares IEEE discutidos en la presente memoria. En dichas realizaciones, el flujo de datos puede comprender un flujo TSN, por ejemplo, asociado con una estación final Hablante y/o Oyente en la TSN. En dichas realizaciones, la planificación de transmisión puede comprender tiempos de ciclo y listas de control de puerta para una o más clases de tráfico que comprenden el flujo TSN.

50 Los métodos y/o procedimientos ejemplares también pueden incluir enviar, a la RAN, una solicitud para asignar recursos de radio para la comunicación del flujo de datos entre la RAN y un equipo de usuario (UE), en donde la solicitud comprende además información relacionada con la planificación de transmisión. En algunas realizaciones, la información relacionada con la planificación de transmisión incluye uno o más de los siguientes: un identificador del UE; identificadores de uno o más flujos de calidad de servicio (QoS) asociados con el flujo de datos; y un requisito de QoS asociado con cada uno de los flujos de QoS. En algunas realizaciones, cada requisito de QoS puede comprender

una o más ventanas de tiempo durante las cuales se requiere que se transmita el flujo de datos. En algunas realizaciones, cada requisito de QoS comprende una ventana de tiempo inicial y una periodicidad que identifica las ventanas de tiempo posteriores.

- 5 Los métodos y/o procedimientos ejemplares también pueden incluir recibir, desde la RAN, una respuesta que indique si se pueden asignar recursos de radio para cumplir con la planificación de transmisión asociada con el flujo de datos. En algunas realizaciones, si la respuesta indica que no se pueden asignar recursos de radio para cumplir con la planificación de transmisión del flujo de datos, la respuesta comprende además una indicación de una o más ventanas de tiempo adicionales durante las cuales se pueden asignar recursos de radio.
- 10 En algunas realizaciones, la respuesta puede indicar si se puede cumplir con el requisito de QoS asociado con cada uno de los flujos de QoS. En dichas realizaciones, los métodos y/o procedimientos ejemplares también pueden incluir determinar si se puede cumplir con la planificación de transmisión en base a la indicación de si se puede cumplir con el requisito de QoS asociado con cada uno de los flujos de QoS. En algunas realizaciones, los métodos y/o procedimientos ejemplares también pueden incluir el envío, a la red externa, de una indicación de si se puede cumplir con la planificación de transmisión.
- 15 En algunas realizaciones, el método puede ser realizado por una función de gestión de acceso (AMF) en una 5GC. En algunas realizaciones, la planificación de transmisión se puede recibir desde la red externa; y los recursos de radio son para la comunicación de enlace descendente desde la RAN al UE. En algunas realizaciones, la planificación de transmisión se recibe desde el UE; y los recursos de radio son para la comunicación de enlace ascendente desde el UE a la RAN.
- 20 Otras realizaciones ejemplares incluyen varios otros métodos y/o procedimientos para planificar recursos en una red de acceso por radio (RAN) según una planificación de transmisión asociada con una red externa. Estos métodos y/o procedimientos ejemplares pueden implementarse en una RAN (por ejemplo, NG-RAN) asociada con una red central (por ejemplo, 5GC).
- 25 Estos métodos y/o procedimientos ejemplares pueden incluir recibir, desde la red central, una solicitud para asignar recursos de radio entre la RAN y un equipo de usuario (UE) para la comunicación de un flujo de datos sensibles al tiempo, en donde la solicitud comprende además información relacionada con una planificación de transmisión asociada con el flujo de datos. En algunas realizaciones, la red externa comprende una red sensible al tiempo (TSN); y el flujo de datos comprende un flujo TSN.
- 30 En algunas realizaciones, la información relacionada con la planificación de transmisión incluye uno o más de los siguientes: un identificador del UE; identificadores de uno o más flujos de calidad de servicio (QoS) asociados con el flujo de datos; y un requisito de QoS asociado con cada uno de los flujos de QoS. En algunas realizaciones, cada requisito de QoS puede comprender una o más ventanas de tiempo durante las cuales se requiere que se transmita el flujo de datos. En algunas realizaciones, cada requisito de QoS comprende una ventana de tiempo inicial y una periodicidad que identifica las ventanas de tiempo posteriores.
- 35 Los métodos y/o procedimientos ejemplares también pueden incluir, en base a la información relacionada con la planificación de transmisión, determinar si se pueden asignar recursos de radio para cumplir con la planificación de transmisión. En algunas realizaciones, determinar si se pueden asignar recursos de radio para cumplir con la planificación de transmisión se puede basar además en uno o más de los siguientes: recursos necesarios para la carga de tráfico actual o estimada, capacidades del UE, calidad del canal entre la RAN y el UE, y la necesidad de que se asignen recursos garantizados adicionales para el UE.
- 40 En algunas realizaciones, si se determina que no se pueden asignar recursos de radio para cumplir con la planificación de transmisión asociada con el flujo de datos, los métodos y/o procedimientos ejemplares también pueden incluir la determinación de una o más ventanas de tiempo adicionales durante las cuales se pueden asignar recursos de radio.
- 45 En algunas realizaciones, si se determina que se pueden asignar recursos de radio para cumplir con la planificación de transmisión asociada con el flujo de datos, los métodos y/o procedimientos ejemplares también pueden incluir mapear uno o más flujos de QoS a al menos una portadora de radio entre la RAN y el UE, y reservar recursos de transmisión para la al menos una portadora de radio.
- Los métodos y/o procedimientos ejemplares también incluyen enviar, a la red central, una respuesta que indica si se pueden asignar los recursos de radio para cumplir con la planificación de transmisión. En algunas realizaciones, si se determina que no se pueden asignar recursos de radio para cumplir con la planificación de transmisión, la respuesta también puede incluir una indicación de la una o más ventanas de tiempo adicionales.
- 50 Otras realizaciones ejemplares incluyen varios otros métodos y/o procedimientos para planificar recursos en una red de acceso por radio (RAN) según una planificación de transmisión asociada con una red externa. Estos métodos y/o procedimientos ejemplares pueden implementarse en un equipo de usuario (UE, por ejemplo, dispositivo inalámbrico, dispositivo IoT, dispositivo de máquina a máquina (M2M), etc.) en comunicación con una RAN (por ejemplo, NG-RAN) que está asociada con una red central (por ejemplo, 5GC).
- 55

Los métodos y/o procedimientos ejemplares pueden incluir recibir, desde la red externa, una planificación de transmisión asociada con un flujo de datos sensibles al tiempo. En algunas realizaciones, la red externa comprende una red sensible al tiempo (TSN) tal como se describe en los estándares IEEE discutidos en este documento. En dichas realizaciones, el flujo de datos puede comprender un flujo TSN, por ejemplo, asociado con una estación final Hablante y/o Oyente en la TSN. En dichas realizaciones, la planificación de transmisión puede comprender tiempos de ciclo y listas de control de puerta para una o más clases de tráfico que comprenden el flujo TSN.

Los métodos y/o procedimientos ejemplares también pueden incluir enviar, a una red central asociada con la RAN, una solicitud para asignar recursos de radio para la comunicación del flujo de datos entre el UE y la RAN, en donde la solicitud comprende además información relacionada con la planificación de transmisión. En algunas realizaciones, la información relacionada con la planificación de transmisión comprende la planificación de transmisión.

Los métodos y/o procedimientos ejemplares también pueden incluir recibir, desde la red central, una respuesta que indique si se pueden asignar recursos de radio para cumplir con la planificación de transmisión asociada con el flujo de datos. En algunas realizaciones, si la respuesta de la red central indica que no se pueden asignar recursos de radio para cumplir con la planificación de transmisión del flujo de datos, la respuesta comprende además una indicación de una o más ventanas de tiempo adicionales durante las cuales se pueden asignar recursos de radio. En algunas realizaciones, la solicitud puede ser enviada a, y la respuesta puede ser recibida desde, una función de gestión de acceso (AMF) en una 5GC.

En algunas realizaciones, los métodos y/o procedimientos ejemplares también pueden incluir enviar, a la red externa, una indicación de si se puede cumplir con la planificación de transmisión. En algunas realizaciones, si la respuesta comprende una indicación de una o más ventanas de tiempo adicionales durante las cuales se pueden asignar recursos de radio, la indicación enviada a la red externa incluye además información relacionada con una o más ventanas de tiempo adicionales.

Otras realizaciones ejemplares incluyen nodos de red central, nodos RAN y UE configurados para realizar operaciones correspondientes a los métodos y/o procedimientos ejemplares descritos anteriormente. Otras realizaciones ejemplares incluyen medios legibles por ordenador no transitorios que almacenan instrucciones de programa que, cuando son ejecutadas por al menos un procesador, configuran dichos nodos de red central, nodos RAN y UE para realizar operaciones correspondientes a los métodos y/o procedimientos ejemplares descritos anteriormente.

Estos y otros objetos, características y ventajas de las realizaciones ejemplares de la presente descripción se harán evidentes al leer la siguiente descripción detallada de las realizaciones ejemplares de la presente descripción.

30 **Breve descripción de los dibujos**

Para una mejor comprensión de los ejemplos de la presente descripción, y para mostrar más claramente cómo se pueden llevar a cabo los ejemplos, se hará referencia ahora, a modo de ejemplo solamente, a los siguientes dibujos en los que:

35 La Figura 1 es un diagrama de bloques que ilustra un modelo de configuración de red sensible al tiempo (TSN) distribuida, como se especifica en IEEE Std. 802.1Qbv-2015.

La Figura 2 es un diagrama de bloques que ilustra un modelo de configuración de TSN centralizado, como se especifica en IEEE Std. 802.1Qbv-2015.

La Figura 3 es un diagrama de bloques que ilustra un modelo de configuración de TSN totalmente centralizado, como se especifica en IEEE Std. 802.1Qbv-2015.

40 La Figura 4 muestra un diagrama de secuencia de un procedimiento de configuración de flujo TSN ejemplar que utiliza el modelo de configuración totalmente centralizado que se muestra en la Figura 3.

La Figura 5 es un diagrama de bloques que ilustra una arquitectura de plano de control (CP) y de plano de datos o de usuario (UP) de una red inalámbrica 5G ejemplar.

45 La Figura 6 es un diagrama de bloques que ilustra una disposición ejemplar para el interfuncionamiento entre la arquitectura de red 5G que se muestra en la Figura 5 y una arquitectura de red TSN totalmente centralizada ejemplar.

La Figura 7 es un diagrama de bloques que ilustra la selección de transmisión entre colas de tráfico basadas en puertas, como se especifica en IEEE Std. 802.1Qbv-2015.

La Figura 8 es un diagrama de bloques que ilustra un escenario de comunicación ejemplar entre dos unidades de hablante/oyente TSN a través de redes 5G y TSN, según varias realizaciones ejemplares de la presente descripción.

50 La Figura 9 muestra un diagrama de secuencia de un método y/o procedimiento ejemplar para configurar la entrega a tiempo de paquetes de flujo TSN a través de la configuración de red que se muestra en la Figura 8, según varias realizaciones ejemplares de la presente descripción.

La Figura 10 es un diagrama de bloques que ilustra un escenario de comunicación ejemplar entre una unidad de hablante/oyente TSN y un controlador virtualizado a través de una red 5G, según varias realizaciones ejemplares de la presente descripción.

5 La Figura 11 muestra un diagrama de secuencia de un método y/o procedimiento ejemplar para configurar la entrega a tiempo de paquetes de flujo TSN a través de la configuración de red que se muestra en la Figura 10, según varias realizaciones ejemplares de la presente descripción.

La Figura 12 es un diagrama de flujo que ilustra un método y/o procedimiento ejemplar realizado por un nodo de red en una red central (por ejemplo, 5GC), según varias realizaciones ejemplares de la presente descripción.

10 La Figura 13 es un diagrama de flujo que ilustra un método y/o procedimiento ejemplar realizado por un nodo de red en una red de acceso por radio (por ejemplo, NG-RAN), según varias realizaciones ejemplares de la presente descripción.

La Figura 14 es un diagrama de flujo que ilustra un método y/o procedimiento ejemplar realizado por el equipo de usuario (UE), según varias realizaciones ejemplares de la presente descripción.

15 Las Figuras 15-17 son diagramas de bloques de sistemas de comunicaciones, redes y/o nodos de red ejemplares configurados de varias maneras, según varias realizaciones ejemplares de la presente descripción.

Las Figuras 18-21 son diagramas de flujo que ilustran varios métodos y/o procedimientos ejemplares implementados en un sistema de comunicación, según varias realizaciones ejemplares de la presente descripción.

Las Figuras 22-24 son diagramas de bloques de nodos de acceso de radio ejemplares configurados de varias maneras según varias realizaciones ejemplares de la presente descripción.

20 Las Figuras 25-26 son diagramas de bloques de dispositivos inalámbricos o UE ejemplares configurados de varias maneras, según varias realizaciones ejemplares de la presente descripción.

Descripción detallada

25 Algunas de las realizaciones contempladas en la presente memoria se describirán ahora con más detalle con referencia a los dibujos adjuntos. Otras realizaciones, sin embargo, están contenidas dentro del alcance de la materia objeto descrita en la presente memoria, la materia objeto no debe interpretarse como limitada solamente a las realizaciones expuestas en la presente memoria; más bien, estas realizaciones se proporcionan a modo de ejemplo para transmitir el alcance de la materia objeto a los expertos en la técnica. Además, se utilizan los siguientes términos a lo largo de la descripción dada a continuación:

- 30 • Nodo de radio: como se usa en la presente memoria, un "nodo de radio" puede ser un "nodo de acceso de radio" o un "dispositivo inalámbrico".
- 35 • Nodo de acceso de radio: como se usa en la presente memoria, un "nodo de acceso de radio" (o "nodo de red de radio") puede ser cualquier nodo en una red de acceso por radio (RAN) de una red de comunicaciones celular que opera para transmitir y/o recibir señales de forma inalámbrica. Algunos ejemplos de un nodo de acceso de radio incluyen, pero no se limitan a, una estación base (por ejemplo, una estación base (gNB) de New Radio (NR) en una red NR de quinta generación (5G) 3GPP o un Nodo B mejorado o evolucionado (eNB) en una red LTE 3GPP), una estación base de alta potencia o macro, una estación base de baja potencia (por ejemplo, una microestación base, una estación base pico, un eNB doméstico, o similares) y un nodo de retransmisión.
- 40 • Nodo de red central: como se usa en la presente memoria, 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), una pasarela de red de datos por paquetes (P-GW), una Función de Exposición de Capacidad de Servicio (SCEF), o similares.
- 45 • Dispositivo inalámbrico: como se usa en la presente memoria, un "dispositivo inalámbrico" es cualquier tipo de dispositivo que tiene acceso a (es decir, es servido por) una red de comunicaciones celular mediante la transmisión y/o recepción inalámbrica de señales a uno(s) nodo(s) de acceso de radio. Algunos ejemplos de un dispositivo inalámbrico incluyen, pero no se limitan a, un UE en una red 3GPP y un dispositivo de comunicación de tipo de máquina (MTC).
- Nodo de red: como se usa en la presente memoria, un "nodo de red" es cualquier nodo que es parte de la red de acceso por radio o la red central de una red/sistema de comunicaciones celular.

50 Obsérvese que la descripción dada en la presente memoria se centra en un sistema de comunicaciones celular 3GPP y, como tal, a menudo se usa terminología 3GPP o terminología similar a la terminología 3GPP. Sin embargo, los conceptos descritos en la presente memoria no se limitan a un sistema 3GPP. Además, aunque en la presente

memoria se usa el término "celda", debe entenderse que (particularmente con respecto a NR 5G) se pueden usar haces en lugar de celdas y, como tal, los conceptos descritos en la presente memoria se aplican por igual a celdas y haces.

5 La Figura 6 es un diagrama de bloques que ilustra una disposición ejemplar para el interfuncionamiento entre la arquitectura de red 5G que se muestra en la Figura 5 y una arquitectura de red TSN totalmente centralizada ejemplar. En la siguiente discusión, un dispositivo conectado a la red 5G se denomina punto final 5G y un dispositivo conectado al dominio TSN se denomina punto final TSN. La disposición que se muestra en la Figura 6 incluye un punto final TSN Hablante y un punto final 5G Oyente conectados a un UE. En estas disposiciones, un UE puede en su lugar conectarse a una red TSN que comprende al menos un puente TSN y al menos un punto final TSN. En esta configuración, el UE puede ser parte de una puerta de enlace TSN-5G.

Tanto las redes 5G como las TSN utilizan procedimientos específicos para la gestión y configuración de la red, y mecanismos específicos para lograr un rendimiento determinista. Para facilitar la creación de redes deterministas de extremo a extremo para redes industriales, estos diferentes procedimientos y mecanismos deben trabajar juntos de forma cooperativa.

15 Como se describe en IEEE 802.1Qbv-2015, TSN proporciona una planificación específica de tráfico que tiene en cuenta el tiempo para facilitar una baja latencia determinista para la aplicación industrial, donde el tiempo de ciclo se conoce de antemano. Esta planificación de tráfico se basa en puertas sensibles al tiempo que permiten transmisiones desde cada cola según una escala de tiempo predefinida. La Figura 7 es un diagrama de bloques que ilustra una selección de transmisión basada en puertas entre colas de tráfico basadas en puertas, como se especifica en IEEE Std. 802.1Qbv-2015. Para una cola dada, las puertas de transmisión pueden estar en dos estados: abiertas o cerradas.

Además, cada puerta de transmisión se relaciona con una clase de tráfico asociada con una cola específica, con potencialmente múltiples colas asociadas con un puerto determinado. En cualquier momento, una puerta puede activarse o desactivarse. Este mecanismo tiene en cuenta el tiempo y puede basarse en, por ejemplo una aplicación PTP dentro de un puente TSN o una estación final TSN. Este mecanismo permite que la ejecución de una lista de control de puerta se coordine de forma precisa en toda la red, facilitando transmisiones estrictamente programadas para una clase de tráfico determinada. En la presente memoria, una planificación de transmisión se puede definir como una planificación que indica cuándo se van a producir las transmisiones en el tiempo. Además, una planificación de transmisión de tiempo crítico se puede definir como una planificación que indica cuándo se van a producir las transmisiones de una red sensible al tiempo (TSN) en el tiempo.

30 Como se describió anteriormente en relación con la Figura 4, la información sobre las planificaciones de flujo TSN son calculadas por una entidad CNC en el modelo TSN totalmente centralizado, en base a los requisitos del usuario a la red (por ejemplo, IEEE 802.1Qcc § 46.2.3.6) proporcionado por el Hablante y/o el Oyente (y/o a través de la entidad CUC). Además, los objetos de gestión estándar (por ejemplo, definidos en IEEE 802.1Qvc) y un protocolo de gestión de red remota son utilizados por la CNC para configurar las planificaciones de transmisión en los puentes TSN (operación 8 en la Figura 4).

40 Sin embargo, estas características son específicas de las redes TSN y no tienen en cuenta la arquitectura de red 5G de interfuncionamiento, como se ilustra en la Figura 6. Por ejemplo, las redes 5G no proporcionan ningún mecanismo para los elementos (por ejemplo, UE, gNB, etc.) para tener en cuenta las planificaciones de transmisión de tiempo crítico establecidas por redes externas (por ejemplo, redes TSN) al planificar transmisiones a través de la interfaz inalámbrica entre UE y gNB. Por ejemplo, incluso dicha planificación de transmisión de tiempo crítico es conocida para un UE (por ejemplo, conectado a un punto final TSN), no existe ningún mecanismo para que el UE informe al gNB de tal planificación. Además, no existe ningún mecanismo que permita al gNB o UE comprender y procesar las solicitudes de planificación, procedentes de la red 5G.

45 Las realizaciones ejemplares de la presente descripción abordan estos y otros problemas y/o deficiencias de soluciones anteriores proporcionando técnicas novedosas para la planificación de tiempo predefinido para usuarios específicos y/o flujos de QoS basadas en planificaciones de transmisión que tienen en cuenta el tiempo (por ejemplo, desde redes externas) para cumplir los requisitos específicos de latencia limitada. Por ejemplo, estas técnicas pueden proporcionar mecanismos para que un UE (o nodo de red, por ejemplo, gNB) sea informado de dicha planificación de tiempo de transmisión y para informar al nodo de red (o UE) de la planificación. De esta manera, tales técnicas novedosas pueden proporcionar varios beneficios, incluyendo el interfuncionamiento cooperativo entre redes celulares (por ejemplo, 5G) y TSN que utilizan diferentes planificadores y/o mecanismos de planificación, facilitando así la latencia limitada de las transmisiones de tiempo crítico entre los puntos finales Hablante/Oyente a través de redes 5G.

55 La Figura 8 es un diagrama de bloques que ilustra un escenario de comunicación ejemplar entre dos unidades hablante/oyente TSN a través de redes 5G y TSN, según algunas realizaciones ejemplares de la presente descripción. En este escenario, un UE está conectado a un hablante/oyente TSN, que a su vez puede conectarse al equipo de la planta (por ejemplo, un control de robots) que se requiere para ejecutar una aplicación según un tiempo de ciclo predefinido. Un reto en este escenario es facilitar la transmisión a tiempo de los paquetes de flujo TSN desde el gNB al UE, según las latencias limitadas requeridas por el equipo y/o la aplicación.

La Figura 9 muestra un diagrama de secuencia de un método y/o procedimiento ejemplar para configurar la transmisión a tiempo de paquetes de flujo TSN a través de la configuración de red que se muestra en la Figura 8, según estas realizaciones ejemplares. Las operaciones numeradas que se muestran en la Figura 9 corresponden a la descripción a continuación. Aun así, las etiquetas numéricas se utilizan con fines ilustrativos y no para especificar un orden para las operaciones. En otras palabras, las operaciones que se muestran en la Figura 9 se pueden realizar en diferentes órdenes y se pueden combinar y/o dividir en otras operaciones que las que se muestran en la figura.

En la operación 11, la CUC envía a la CNC una solicitud de unión para que un usuario se una a la red TSN. Por ejemplo, esta solicitud puede ser en base a y/o en respuesta a una aplicación de control lógico programable (PLC) que solicita planificar un flujo TSN entre un sensor (Hablante) y un controlador PLC (Oyente). En la operación 12, la CNC calcula una planificación de transmisión en base a los requisitos específicos del flujo TSN identificados en la operación 11.

En la operación 13, la CNC configura los objetos gestionados de conmutadores TSN que se encuentran en la ruta entre el sensor y el controlador PLC. Los objetos gestionados ejemplares a ser configurados para una planificación que tiene en cuenta el tiempo mejorada se describen en IEEE 802.1Qbv-2015 § 12. En realizaciones ejemplares, la CNC trata la red 5G como un conmutador TSN en la ruta y, por lo tanto, solicita a la red central 5G (5GC) que configure recursos para este flujo TSN. Por ejemplo, esto lo puede hacer la CNC enviando a una función de gestión de acceso (AMF, véase las Figuras 5-6) los tiempos de ciclo y las listas de control de puerta para las clases de tráfico dentro del flujo TSN.

En la operación 14, la entidad receptora (por ejemplo, AMF) en la 5GC puede traducir los requisitos de flujo TSN solicitados (por ejemplo, tiempo de ciclo, lista de control de puerta, etc.) a los requisitos de QoS para el UE que está conectado al Hablante/Oyente TSN (por ejemplo, sensor). Además, la AMF puede traducir los requisitos de flujo TSN solicitados en una ventana de tiempo y una periodicidad para los gNB(s) a los que el UE transmitirá y/o recibirá este flujo TSN.

En algunas realizaciones, la operación 14 puede implicar varias suboperaciones. Por ejemplo, se puede identificar el UE y una sesión PDU correspondiente al flujo TSN, y se puede identificar un mapeo entre las clases de tráfico dentro de este flujo TSN y los flujos de QoS del UE. Para cada flujo de QoS (que puede corresponder a una o múltiples clases de tráfico), se puede indicar al gNB un cierto requisito de QoS. En algunas realizaciones, esta indicación al gNB puede incluir un indicador de una ventana de tiempo durante la cual debe garantizarse la transmisión de un paquete del flujo de QoS. Esta ventana de tiempo se puede indicar, por ejemplo, proporcionando una referencia de tiempo absoluta para el inicio de la ventana de tiempo junto con una duración de la ventana (por ejemplo, como un límite de latencia). Por ejemplo, la referencia de tiempo absoluto se puede indicar como un desplazamiento a un determinado tiempo de referencia absoluto, como la temporización de subtrama gNB (SFN) o una coordenada de tiempo universal (UTC), como la proporcionada por un sistema global de navegación por satélite (GNSS, por ejemplo, GPS). En algunas realizaciones, la indicación al gNB también puede incluir una periodicidad (o período) de la ventana de tiempo. Esto se puede incluir, por ejemplo, si el flujo TSN comprende múltiples eventos de transmisión que ocurren según una planificación periódica.

Al indicar esta información de ventana de tiempo por flujo de QoS del UE, se pueden servir independientemente múltiples clases de tráfico de un flujo TSN o múltiples flujos TSN. En otras palabras, esta información facilita que los gNB(s) afectados reserven recursos de radio para cada uno de los flujos de QoS durante las respectivas ventanas de tiempo asociadas con esos flujos de QoS. Por ejemplo, esto puede facilitar que los gNB(s) mapeen los varios flujos de QoS a diferentes portadoras de radio y apliquen la asignación/reserva de recursos por portadora de radio. En la presente memoria, una portadora de radio toma la definición habitual del Proyecto de Asociación de Tercera Generación (3GPP).

En la operación 14, después de determinar la información como se discutió anteriormente, la AMF envía una indicación y/o solicita a los gNB(s) que confirmen que se pueden cumplir los requisitos de QoS, ventana de tiempo y/o periodicidad. En la operación 15, después de recibir la solicitud/indicación enviada en la operación 14, el gNB (o los gNB(s), según sea el caso) determina si puede servir este flujo de QoS adicional con el requisito de ventana de tiempo indicado. Por ejemplo, al tomar esta determinación, el gNB puede considerar los recursos utilizados para la carga de tráfico actual y estimada, las capacidades del UE (por ejemplo, eficiencia espectral, modos de transmisión/recepción soportados, etc.), la calidad del canal entre la RAN y el UE, y si (y/o cuántos) recursos garantizados adicionales necesitan ser asignados para el UE. Después de tomar esta determinación, el gNB responde a la función 5GC (por ejemplo, AMF) aceptando la solicitud ("sí") o rechazando la solicitud ("no"). En algunas realizaciones, al rechazar la solicitud, el gNB puede indicar una ventana de tiempo alternativa (por ejemplo, mediante un desplazamiento de la ventana de tiempo solicitada) durante la cual el gNB podría aceptar una solicitud correspondiente. En situaciones en las que el gNB acepta la solicitud, el gNB también puede reservar cualquier recurso adicional identificado como necesario para cumplir con la planificación de transmisión solicitada.

En la operación 16, después de recibir la respuesta de los gNB(s), la función 5GC puede entonces traducir esta respuesta, que se basa en el mapeo de flujo de QoS, a un nivel de granularidad de flujo de tráfico/flujo TSN, y proporciona una respuesta a la CNC de TSN. La respuesta puede estar en un formato que pueda ser decodificado por la CNC de TSN. En la operación 17, después de recibir esta respuesta, la CNC proporciona a la CUC una respuesta

correspondiente a la solicitud de unión recibida en la operación 11. En la operación 18, después de recibir la respuesta de unión de la CNC, la CUC configura además todas las estaciones finales Hablante y Oyente asociadas con la solicitud original. En algunas realizaciones, la CUC también puede solicitar a la 5GC que inicie una conexión con el UE, mientras que en otras realizaciones, la 5GC o podría usar una sesión de PDU predeterminada y/o ya existente.

5 La Figura 10 es un diagrama de bloques que ilustra otro escenario de comunicación ejemplar entre una unidad de hablante/oyente TSN y un controlador virtualizado a través de una red 5G, según otras realizaciones ejemplares de la presente descripción. En este escenario, una red TSN está conectada al UE, que actúa como una pasarela para conectar una estación final Hablante/Oyente a través de un enlace inalámbrico a la red 5G. Un reto en este escenario es facilitar la transmisión a tiempo de los paquetes de flujo TSN desde el UE al gNB, según las latencias limitadas
10 requeridas por la planificación calculada por una CNC en la red TSN.

La Figura 11 muestra un diagrama de secuencia de un método y/o procedimiento ejemplar para configurar la entrega a tiempo de paquetes de flujo TSN a través de la configuración de red que se muestra en la Figura 10, según estas realizaciones ejemplares. Las operaciones numeradas que se muestran en la Figura 11 corresponden a la descripción a continuación. Aun así, las etiquetas numéricas se utilizan con fines ilustrativos y no para especificar un orden para las operaciones. En otras palabras, las operaciones que se muestran en la Figura 11 se pueden realizar en diferentes órdenes y se pueden combinar y/o dividir en otras operaciones que las que se muestran en la figura.
15

En la operación 21, la CNC calcula la planificación de transmisión en base a los requisitos provistos por la CUC, y la envía a la interfaz TSN de la red 5G, que en este caso es el UE. En la operación 22, el UE crea y envía un mensaje solicitando recursos de radio de enlace ascendente (UL) según la planificación de transmisión proporcionada por la CNC, que se puede incluir en el mensaje. Por ejemplo, el UE puede enviar el mensaje a la AMF en el 5GC. En la operación 23, después de recibir este mensaje, la AMF recupera el perfil del UE de una función de gestión de datos de usuario (UDM) en la 5GC y, en base a esta información, determina a qué gNB(s) está conectado el UE. En la operación 24, la AMF envía una solicitud a los gNB(s) para habilitar la característica de QoS de TSN hacia el UE en base a la planificación de transmisión, que se puede incluir en la solicitud. En algunas realizaciones, la AMF también puede enviar una referencia de tiempo modificada al otro Hablante/Oyente (por ejemplo, un controlador virtualizado) conectado a la red 5G (operación 24a).
20
25

En la operación 25, los gNB(s) receptores pueden realizar operaciones sustancialmente similares a las descritas anteriormente con referencia a la operación 15 de la Figura 9, pero con respecto al enlace ascendente en lugar del enlace descendente. Después de recibir la respuesta de los gNB(s) enviados en la operación 25, la AMF puede responder (operación 26) a la solicitud de recursos recibida del UE en la operación 22. De manera similar a la operación 16 que se muestra en la Figura 9, la AMF puede traducir la respuesta del gNB, que se basa en el mapeo por flujo de QoS, a un nivel de granularidad de flujo de tráfico/flujo TSN, y proporciona una respuesta en este formato al UE. En la operación 27, el UE puede reenviar esta información a la CNC, en respuesta a la planificación de transmisión solicitada recibida en la operación 21. Como se discutió anteriormente en relación con ciertas realizaciones ilustradas en la Figura 9, si el gNB rechaza la planificación de transmisión solicitada pero ofrece una ventana de tiempo alternativa que pueda aceptar, las respuestas enviadas en las operaciones 15-17 de la Figura 9 y las operaciones 25-27 de la Figura 11 pueden incluir dicha ventana de tiempo alternativa, formateada y/o trasladada según los protocolos y/o requisitos de los respectivos destinatarios.
30
35

Como puede entenderse a partir de la descripción anterior, estas y otras realizaciones ejemplares facilitan la planificación de transmisiones que tienen en cuenta el tiempo en una red celular (por ejemplo, una red 5G) según los requisitos sensibles al tiempo (por ejemplo, latencia limitada) de una red externa, como una red TSN. Las realizaciones ejemplares facilitan tales características a través de técnicas novedosas para recopilar (ya sea a través del UE o una función de red como una AMF) información sobre el tiempo y la periodicidad asociados con el tráfico proporcionado por una red externa y reenviar dicha información a una o más estaciones base (por ejemplo, gNBs) en la red celular. En tal caso, la(s) estación(es) base(s) puede(n) determinar si los requisitos externos sensibles al tiempo del tráfico solicitado pueden ser soportados y, de ser así, utilizar dicha información para planificar transmisiones de enlace ascendente o enlace descendente entre el UE y la(s) estación(es) base(s).
40
45

La Figura 12 es un diagrama de flujo que ilustra un método y/o procedimiento ejemplar para planificar recursos en una red de acceso por radio (RAN) según una planificación de transmisión asociada con una red externa, según varias realizaciones ejemplares de la presente descripción. El método y/o procedimiento ejemplar que se muestra en la Figura 12 se puede implementar en una red central (por ejemplo, 5GC) asociada con la RAN (por ejemplo, NG-RAN), como por ejemplo por un nodo de red central (por ejemplo, AMF) que se muestra o se describe en relación con otras figuras en la presente memoria. Además, como se explica a continuación, el método y/o procedimiento ejemplar que se muestra en la Figura 12 se puede utilizar en cooperación con el método y/o procedimientos ejemplares que se muestran en las Figuras 13 y/o 14 (descritas a continuación), para proporcionar varios beneficios ejemplares descritos en la presente memoria. Aunque la Figura 12 muestra los bloques en un orden particular, este orden es meramente ejemplar, y las operaciones del método y/o procedimiento ejemplar se pueden realizar en un orden diferente al que se muestra en la Figura 12 y se pueden combinar y/o dividir en bloques que tienen funcionalidad diferente. Las operaciones opcionales se representan mediante líneas discontinuas.
50
55

5 El método y/o procedimiento ejemplar ilustrado en la Figura 12 puede incluir las operaciones del bloque 1210, en el que el nodo de red puede recibir, desde la red externa, una planificación de transmisión asociada con un flujo de datos sensibles al tiempo. En la presente memoria, un flujo de datos sensible al tiempo puede ser un flujo de datos de una red sensible al tiempo (TSN). Por lo tanto, en algunas realizaciones, la red externa comprende una red sensible al tiempo (TSN), como se describe en los estándares IEEE discutidos en la presente memoria. En dichas realizaciones, el flujo de datos puede comprender un flujo TSN, por ejemplo, asociado con una estación final Hablante y/o Oyente en la TSN. En dichas realizaciones, la planificación de transmisión puede comprender tiempos de ciclo y listas de control de puerta para una o más clases de tráfico que comprenden el flujo TSN.

10 El método y/o procedimiento ejemplar también puede incluir las operaciones del bloque 1220, en el que el nodo de red puede enviar, a la RAN, una solicitud para asignar recursos de radio para la comunicación del flujo de datos entre la RAN y un equipo de usuario (UE), en donde la solicitud comprende además información relacionada con la planificación de transmisión. En algunas realizaciones, la información relacionada con la planificación de transmisión incluye uno o más de los siguientes: un identificador del UE; identificadores de uno o más flujos de calidad de servicio (QoS) asociados con el flujo de datos; y un requisito de QoS asociado con cada uno de los flujos de QoS. En algunas realizaciones, cada requisito de QoS puede comprender una o más ventanas de tiempo durante las cuales se requiere que se transmita el flujo de datos. En algunas realizaciones, cada requisito de QoS comprende una ventana de tiempo inicial y una periodicidad que identifica las ventanas de tiempo posteriores.

20 El método y/o procedimiento ejemplar también puede incluir las operaciones del bloque 1230, en el que el nodo de red puede recibir, desde la RAN, una respuesta que indica si se pueden asignar recursos de radio para cumplir con la planificación de transmisión asociada con el flujo de datos. En algunas realizaciones, según el subbloque 1235, si la respuesta indica que no se pueden asignar recursos de radio para cumplir con la planificación de transmisión del flujo de datos, la respuesta comprende además una indicación de una o más ventanas de tiempo adicionales durante las cuales se pueden asignar recursos de radio.

25 En algunas realizaciones, la respuesta puede indicar si se puede cumplir con el requisito de QoS asociado con cada uno de los flujos de QoS. En dichas realizaciones, el método y/o procedimiento ejemplar también puede incluir las operaciones del bloque 1240, en el que el nodo de red puede determinar si se puede cumplir con la planificación de transmisión en base a la indicación de si se puede cumplir con el requisito de QoS asociado con cada uno de los flujos de QoS. En algunas realizaciones, el método y/o procedimiento ejemplar también puede incluir las operaciones del bloque 1250, en el que el nodo de red puede enviar, a la red externa, una indicación de si se puede cumplir con la planificación de transmisión.

35 En algunas realizaciones, el método puede ser realizado por una función de gestión de acceso (AMF) en una red central 5G (5GC). En algunas realizaciones, la planificación de transmisión se puede recibir desde la red externa; y los recursos de radio son para la comunicación de enlace descendente desde la RAN al UE. En algunas realizaciones, la planificación de transmisión se recibe desde el UE; y los recursos de radio son para la comunicación de enlace ascendente desde el UE a la RAN.

40 La Figura 13 es un diagrama de flujo que ilustra un método y/o procedimiento ejemplar para planificar recursos en una red de acceso por radio (RAN) según una planificación de transmisión asociada con una red externa, según varias realizaciones ejemplares de la presente descripción. El método y/o procedimiento ejemplar que se muestra en la Figura 13 se puede implementar en una RAN (por ejemplo, NG-RAN) asociada con una red central (por ejemplo, 5GC), como por ejemplo por un nodo RAN (por ejemplo, gNB) que se muestra o se describe en relación con otras figuras de la presente memoria. Además, como se explica a continuación, el método y/o procedimiento ejemplar que se muestra en la Figura 13 se puede utilizar en cooperación con el método y/o procedimientos ejemplares que se muestran en las Figuras 12 y/o 14 (descritas anteriormente y a continuación), para proporcionar varios beneficios ejemplares descritos en la presente memoria. Aunque la Figura 13 muestra los bloques en un orden particular, este orden es meramente ejemplar, y las operaciones del método y/o procedimiento ejemplar se pueden realizar en un orden diferente al que se muestra en la Figura 13 y se pueden combinar y/o dividir en bloques que tienen funcionalidad diferente. Las operaciones opcionales se representan mediante líneas discontinuas.

50 El método y/o procedimiento ejemplar ilustrado en la Figura 13 puede incluir las operaciones del bloque 1310, en el que el nodo de red puede recibir, desde la red central, una solicitud para asignar recursos de radio entre la RAN y un equipo de usuario (UE) para la comunicación de un flujo de datos sensible al tiempo, en el que la solicitud comprende además información relacionada con una planificación de transmisión asociada con el flujo de datos. En algunas realizaciones, la red externa comprende una red sensible al tiempo (TSN); y el flujo de datos comprende un flujo TSN.

55 En algunas realizaciones, la información relacionada con la planificación de transmisión incluye uno o más de los siguientes: un identificador del UE; identificadores de uno o más flujos de calidad de servicio (QoS) asociados con el flujo de datos; y un requisito de QoS asociado con cada uno de los flujos de QoS. En algunas realizaciones, cada requisito de QoS puede comprender una o más ventanas de tiempo durante las cuales se requiere que se transmita el flujo de datos. En algunas realizaciones, cada requisito de QoS comprende una ventana de tiempo inicial y una periodicidad que identifica las ventanas de tiempo posteriores.

5 El método y/o procedimiento ejemplar ilustrado en la Figura 13 también puede incluir las operaciones del bloque 1320, en el que el nodo de red puede, en base a la información relacionada con la planificación de transmisión, determinar si se pueden asignar recursos de radio para cumplir con la planificación de transmisión. En algunas realizaciones, determinar si se pueden asignar recursos de radio para cumplir con la planificación de transmisión se puede basar además en uno o más de los siguientes: recursos necesarios para la carga de tráfico actual o estimada, capacidades del UE, calidad del canal entre la RAN y el UE, y la necesidad de que se asignen recursos garantizados adicionales para el UE.

10 En algunas realizaciones, si se determina en el bloque 1320 que no se pueden asignar recursos de radio para cumplir con la planificación de transmisión asociada con el flujo de datos, el método y/o procedimiento ejemplar incluye las operaciones del bloque 1330, donde el nodo de red puede determinar una o más ventanas de tiempo adicionales durante las cuales se pueden asignar recursos de radio. En algunas realizaciones, si se determina en el bloque 1320 que se pueden asignar recursos de radio para cumplir con la planificación de transmisión asociada con el flujo de datos, el método y/o procedimiento ejemplar incluye las operaciones del bloque 1340, donde el nodo de red puede mapear el uno o más flujos de QoS a al menos una portadora de radio entre la RAN y el UE, y reservar recursos de transmisión para la al menos una portadora de radio.

15 El método y/o procedimiento ejemplar también incluye las operaciones del bloque 1350, en el que el nodo de red puede enviar, a la red central, una respuesta que indica si se pueden asignar los recursos de radio para cumplir con la planificación de transmisión. En algunas realizaciones, si se determina en el bloque 1320 que no se pueden asignar recursos de radio para cumplir con la planificación de transmisión, la respuesta enviada en el bloque 1350 también puede incluir una indicación de una o más ventanas de tiempo adicionales determinadas en el subbloque opcional 1330. Esto es ilustrado por el subbloque opcional 1355.

20 La Figura 14 es un diagrama de flujo que ilustra un método y/o procedimiento ejemplar para planificar recursos en una red de acceso por radio (RAN) según una planificación de transmisión asociada con una red externa, según varias realizaciones ejemplares de la presente descripción. El método y/o procedimiento ejemplar que se muestra en la Figura 25 14 puede ser implementado, por ejemplo, por un equipo de usuario (UE, por ejemplo, dispositivo inalámbrico, dispositivo IoT, dispositivo M2M, etc.) en comunicación con una RAN (por ejemplo, NG-RAN) que está asociada con una red central (por ejemplo, 5GC), como se muestra o se describe en relación con otras figuras de la presente memoria. Además, como se explica a continuación, el método y/o procedimiento ejemplar que se muestra en la Figura 30 y/o 13 (descritas anteriormente), para proporcionar varios beneficios ejemplares descritos en la presente memoria. Aunque la Figura 14 muestra los bloques en un orden particular, este orden es meramente ejemplar, y las operaciones del método y/o procedimiento ejemplar se pueden realizar en un orden diferente al que se muestra en la Figura 14 y se pueden combinar y/o dividir en bloques que tienen funcionalidad diferente. Las operaciones opcionales se representan mediante líneas discontinuas.

35 El método y/o procedimiento ejemplar ilustrado en la Figura 14 puede incluir las operaciones del bloque 1410, en el que el UE puede recibir, desde la red externa, una planificación de transmisión asociada con un flujo de datos sensibles al tiempo. En algunas realizaciones, la red externa comprende una red sensible al tiempo (TSN) tal como se describe en los estándares IEEE discutidos en la presente memoria. En dichas realizaciones, el flujo de datos puede comprender un flujo TSN, por ejemplo, asociado con una estación final Hablante y/o Oyente en la TSN. En dichas 40 realizaciones, la planificación de transmisión puede comprender tiempos de ciclo y listas de control de puerta para una o más clases de tráfico que comprenden el flujo TSN.

45 El método y/o procedimiento ejemplar también puede incluir las operaciones del bloque 1420, en el que el UE puede enviar, a una red central asociada con la RAN, una solicitud para asignar recursos de radio para la comunicación del flujo de datos entre el UE y la RAN, en donde la solicitud comprende además información relacionada con la planificación de transmisión. En algunas realizaciones, la información relacionada con la planificación de transmisión comprende la planificación de transmisión.

50 El método y/o procedimiento ejemplar también puede incluir las operaciones del bloque 1430, en el que el UE puede recibir, desde la red central, una respuesta que indica si se pueden asignar recursos de radio para cumplir con la planificación de transmisión asociada con el flujo de datos. En algunas realizaciones, si la respuesta de la red central indica que no se pueden asignar recursos de radio para cumplir con la planificación de transmisión del flujo de datos, la respuesta comprende además una indicación de una o más ventanas de tiempo adicionales durante las cuales se pueden asignar recursos de radio. Esto se ilustra mediante el subbloque opcional 1435. En algunas realizaciones, la solicitud (bloque 1420) puede enviarse a, y la respuesta (bloque 1430) puede recibirse de, una función de gestión de acceso (AMF) en una 5GC.

55 En algunas realizaciones, el método y/o procedimiento ejemplar también puede incluir las operaciones del bloque 1440, en el que el UE puede enviar, a la red externa, una indicación de si se puede cumplir con la planificación de transmisión. En algunas realizaciones, si la respuesta recibida en el bloque 1430 comprende una indicación de una o más ventanas de tiempo adicionales durante las cuales se pueden asignar recursos de radio (subbloque 1435), la indicación enviada a la red externa incluye además información relacionada con la una o más ventanas de tiempo 60 adicionales. Esto se ilustra mediante el subbloque opcional 1445.

La Figura 15 ilustra un ejemplo de un sistema y/o red de comunicaciones celular, que comprende varios dispositivos y/o sistemas utilizables para implementar cualquiera de los métodos ejemplares descritos anteriormente. En las realizaciones descritas en la presente memoria, la red de comunicaciones celular 1500 es una red 5G NR. En este ejemplo, la red de comunicaciones celular 1500 incluye las estaciones base 1502-1 y 1502-2, que en LTE se denominan eNB y en NR 5G se denominan gNB, que controlan las macroceldas 1504-1 y 1504-2 correspondientes. Las estaciones base 1502-1 y 1502-2 se denominan generalmente en la presente memoria de forma colectiva estaciones base 1502 y de forma individual estación base 1502. Asimismo, las macroceldas 1504-1 y 1504-2 se denominan generalmente en la presente memoria de forma colectiva macroceldas 1504 y de forma individual macrocelda 1504.

La red de comunicaciones celular 1500 también puede incluir un cierto número de nodos de baja potencia 1506-1 a 1506-4 que controlan las celdas pequeñas correspondientes 1508-1 a 1508-4. Los nodos de baja potencia 1506-1 a 1506-4 pueden ser estaciones base pequeñas (tales como estaciones base pico o femto), cabezales de radio remotos (RRHs) o similares. En particular, aunque no se ilustra, una o más de las celdas pequeñas 1508-1 a 1508-4 pueden ser proporcionadas alternativamente por las estaciones base 1502. Los nodos de baja potencia 1506-1 a 1506-4 se denominan generalmente en la presente memoria de forma colectiva nodos de baja potencia 1506 y de forma individual nodo de baja potencia 1506. Asimismo, las celdas pequeñas 1508-1 a 1508-4 se denominan generalmente en la presente memoria de forma colectiva celdas pequeñas 1508 y de forma individual celda pequeña 1508. Las estaciones base 1502 (y opcionalmente los nodos de baja potencia 1506) están conectados a una red central 6150.

Las estaciones base 1502 y los nodos de baja potencia 1506 proporcionan servicio a los dispositivos inalámbricos 1512-1 a 1512-5 en las celdas correspondientes 1504 y 1508. Los dispositivos inalámbricos 1512-1 a 1512-5 se denominan generalmente en la presente memoria de forma colectiva dispositivos inalámbricos 1512 y de forma individual dispositivo inalámbrico 1512. Los dispositivos inalámbricos 1512 también se denominan a veces en la presente memoria UE. Los dispositivos inalámbricos 1512 pueden adoptar varias formas, incluidas aquellas compatibles con MTC y/o NB-IoT.

La Figura 16 muestra otro sistema y/o red de comunicación ejemplar según varias realizaciones de la presente descripción. El sistema incluye una red de telecomunicaciones 1640, como una red celular de tipo 3GPP, que comprende una red de acceso por radio (RAN) 1641 (por ejemplo, NR RAN) y una red central 1644 (por ejemplo, 5GC). La RAN 1641 comprende una pluralidad de estaciones base 1642a, 1642b, 1642c, como gNB u otros tipos de puntos de acceso inalámbrico, cada una de las cuales define un área de cobertura correspondiente 1643a, 1643b, 1643c. Cada estación base 1642a, 1642b, 1642c se puede conectar a la red central 1644 a través de una conexión por cable o inalámbrica 1645. Un primer equipo de usuario (UE) 1651 ubicado en el área de cobertura 1643c está configurado para conectarse de forma inalámbrica a, o ser localizado por, la correspondiente estación base 1642c. Un segundo UE 1652 en el área de cobertura 1643a se puede conectar de forma inalámbrica a la estación base 1642a correspondiente. Si bien en este ejemplo se ilustra una pluralidad de UE 1651, 1652, las realizaciones descritas son igualmente aplicables a una situación en la que un único UE se encuentra en el área de cobertura o donde un único UE se conecta a la estación base 1642 correspondiente.

La red de telecomunicaciones 1640 se puede conectar a un ordenador anfitrión 1630, que se puede incorporar en el hardware y/o software de un servidor independiente, un servidor implementado en la nube, un servidor distribuido o como recursos de procesamiento en una granja de servidores. El ordenador anfitrión 1630 puede estar bajo la propiedad o el control de un proveedor de servicios, o puede ser operado por el proveedor de servicios o en nombre del proveedor de servicios. Las conexiones 1621, 1622 entre la red de telecomunicaciones 1640 y el ordenador anfitrión 1630 pueden extenderse directamente desde la red central 1644 a el ordenador anfitrión 1630 o pueden ir a través de una red intermedia 1620 opcional. La red intermedia 1620 puede ser una de, o una combinación de más de una de, una red pública, privada o alojada; la red intermedia 1620, si la hay, puede ser una red troncal o Internet; en particular, la red intermedia 1620 puede comprender dos o más subredes (no mostradas).

El sistema de comunicación de la Figura 16 puede facilitar la conectividad entre uno o más de los UE 1651, 1652 y el ordenador anfitrión 1630. La conectividad puede describirse como una conexión 1650 over-the-top (OTT). El ordenador anfitrión 1630 y los UE conectados 1651, 1652 están configurados para comunicar datos y/o señalización a través de la conexión OTT 1650, utilizando la red de acceso 1641, la red central 1644, cualquier red intermedia 1620 y una posible infraestructura adicional (no mostrada) como intermediarios. La conexión OTT 1650 puede ser transparente en el sentido de que los dispositivos de comunicación participantes a través de los cuales pasa la conexión OTT 1650 desconocen el enrutamiento de las comunicaciones de enlace ascendente y enlace descendente. Por ejemplo, una estación base 1642 puede no estar informada, o no es necesario que lo esté, sobre el enrutamiento pasado de una comunicación de enlace descendente entrante con datos originados en un ordenador anfitrión 1630 para ser reenviados (por ejemplo, entregados) al UE 1651 conectado. De manera similar, la estación base 1642 no necesita conocer el enrutamiento futuro de una comunicación de enlace ascendente saliente que se origina en el UE 1651 hacia el ordenador anfitrión 1630.

Las implementaciones ejemplares, según una realización, del UE, la estación base y el ordenador anfitrión discutidos en la presente memoria también se pueden describir con referencia a la Figura 17. En un sistema de comunicación 1700, un ordenador anfitrión 1710 comprende hardware 1715 que incluye una interfaz de comunicación 1716 configurada para establecer y mantener una conexión por cable o inalámbrica con una interfaz de un dispositivo de

comunicación diferente del sistema de comunicación 1700. El ordenador anfitrión 1710 comprende además un circuito de procesamiento 1718, que puede tener capacidades de almacenamiento y/o procesamiento. En particular, el circuito de procesamiento 1718 puede comprender uno o más procesadores programables, circuitos integrados de aplicación específica, matrices de puertas programables por campo o combinaciones de estos (no mostrados) adaptados para ejecutar instrucciones. El ordenador anfitrión 1710 comprende además software 1711, que está almacenado en el ordenador anfitrión 1710 o es accesible por éste y es ejecutable por el circuito de procesamiento 1718. El software 1711 incluye una aplicación central 1712. La aplicación central 1712 puede ser operable para proporcionar un servicio a un usuario remoto, como un UE 1730 que se conecta a través de una conexión OTT 1750 que termina en el UE 1730 y el ordenador anfitrión 1710. Al proporcionar el servicio al usuario remoto, la aplicación anfitriona 1712 puede proporcionar datos de usuario que se transmiten utilizando la conexión OTT 1750.

El sistema de comunicación 1700 incluye además una estación base 1720 proporcionada en un sistema de telecomunicaciones y que comprende hardware 1725 que le permite comunicarse con el ordenador anfitrión 1710 y con el UE 1730. El hardware 1725 puede incluir una interfaz de comunicación 1726 para establecer y mantener una conexión por cable o inalámbrica con una interfaz de un dispositivo de comunicación diferente del sistema de comunicación 1700, así como una interfaz de radio 1727 para establecer y mantener al menos una conexión inalámbrica 1770 con el UE 1730 ubicado en un área de cobertura (no mostrada en la Figura 8) servida por la estación base 1720. La interfaz de comunicación 1726 se puede configurar para facilitar una conexión 1760 al ordenador anfitrión 1710. La conexión 1760 puede ser directa o puede pasar a través de una red central (no mostrada en la Fig. 17) del sistema de telecomunicaciones, y/o a través de una o más redes intermedias fuera del sistema de telecomunicaciones. En la realización que se muestra, el hardware 1725 de la estación base 1720 también puede incluir un circuito de procesamiento 1728, que puede comprender uno o más procesadores programables, circuitos integrados de aplicación específica, matrices de puertas programables por campo o combinaciones de estos (no mostrados) adaptados para ejecutar instrucciones. La estación base 1720 también puede incluir software 1721 almacenado internamente o accesible a través de una conexión externa.

El sistema de comunicación 1700 incluye además el UE 1730 al que ya se ha hecho referencia. El hardware 1735 del UE 1730 puede incluir una interfaz de radio 1737 configurada para establecer y mantener una conexión inalámbrica 1770 con una estación base que da servicio a un área de cobertura (por ejemplo, una celda) en la que se encuentra actualmente el UE 1730. El hardware 1735 del UE 1730 también puede incluir un circuito de procesamiento 1738, que puede comprender uno o más procesadores programables, circuitos integrados de aplicación específica, matrices de puertas programables por campo o combinaciones de estos (no mostrados) adaptados para ejecutar instrucciones. El UE 1730 comprende además software 1731, que está almacenado en el UE 1730 o es accesible por éste y es ejecutable por el circuito de procesamiento 1738. El software 1731 incluye una aplicación cliente 1732. La aplicación cliente 1732 puede ser operable para proporcionar un servicio a un usuario humano o no humano a través del UE 1730, con el soporte del ordenador anfitrión 1710. En el ordenador anfitrión 1710, una aplicación anfitriona 1712 en ejecución puede comunicarse con la aplicación cliente 1732 en ejecución a través de la conexión OTT 1750 que termina en el UE 1730 y el ordenador anfitrión 1710. Al proporcionar el servicio al usuario, la aplicación cliente 1732 puede recibir datos de solicitud de la aplicación host 1712 y proporcionar datos de usuario en respuesta a los datos de solicitud. La conexión OTT 1750 puede transferir tanto los datos de solicitud como los datos de usuario. La aplicación cliente 1732 puede interactuar con el usuario para generar los datos de usuario que proporciona.

Se observa que el ordenador anfitrión 1710, la estación base 1720 y el UE 1730 ilustrados en la Figura 17 pueden ser idénticos al ordenador anfitrión 1630, una de las estaciones base 1612a, 1612b, 1612c y uno de los UE 1651, 1652 de la Figura 16, respectivamente. Es decir, el funcionamiento interno de estas entidades puede ser como se muestra en la Figura 17 e, independientemente, la topología de la red circundante puede ser la de la Figura 16.

En la Figura 17, se ha dibujado la conexión OTT 1750 de forma abstracta para ilustrar la comunicación entre el ordenador anfitrión 1710 y el equipo de uso 1730 a través de la estación base 1720, sin referencia explícita a ningún dispositivo intermediario y el enrutamiento preciso de mensajes a través de estos dispositivos. La infraestructura de red puede determinar el enrutamiento, que se puede configurar para ocultarse del UE 1730 o del proveedor de servicios que opera el ordenador anfitrión 1710, o de ambos. Mientras la conexión OTT 1750 está activa, la infraestructura de red puede además tomar decisiones mediante las cuales cambia dinámicamente el enrutamiento (por ejemplo, en base a la consideración del equilibrio de carga o la reconfiguración de la red).

La conexión inalámbrica 1770 entre el UE 1730 y la estación base 1720 es conforme las enseñanzas de las realizaciones descritas a lo largo de esta descripción. Se pueden usar una o más de las varias realizaciones para mejorar el rendimiento de los servicios OTT proporcionados al UE 1730 usando la conexión OTT 1750, en la que la conexión inalámbrica 1770 forma el último segmento. Por ejemplo, permitir la notificación anticipada de un equipo de usuario (UE) de cambios en el incumplimiento por parte de una red de acceso (por ejemplo, la estación base 1720) de una garantía de calidad de servicio (QoS) para un flujo de datos entre el UE y un servidor de aplicaciones puede mejorar el rendimiento y/o la eficiencia operativa de tales aplicaciones, particularmente con respecto a la operación segura. Estas mejoras pueden ser experimentadas por los usuarios de la RAN (por ejemplo, los UEs), por ejemplo, como una ausencia de fallos críticos en las aplicaciones.

Se puede proporcionar un procedimiento de medición con el propósito de monitorear la tasa de datos, la latencia y otros factores en los que mejoran la una o más realizaciones. Puede haber además una funcionalidad de red opcional

para reconfigurar la conexión OTT 1750 entre el ordenador anfitrión 1710 y el UE 1730, en respuesta a variaciones en los resultados de la medición. El procedimiento de medición y/o la funcionalidad de red para reconfigurar la conexión OTT 1750 pueden implementarse en el software 1711 del ordenador anfitrión 1710 o en el software 1731 del UE 1730, o en ambos. En las realizaciones, los sensores (no mostrados) pueden desplegarse en o en asociación con los dispositivos de comunicación a través de los cuales pasa la conexión OTT 1750; 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 1711, 1731 puede calcular o estimar las cantidades monitoreadas. La reconfiguración de la conexión OTT 1750 puede incluir el formato de los mensajes, ajustes de retransmisión, enrutamiento preferido etc.; la reconfiguración no necesita afectar a la estación base 1720, y puede ser desconocida o imperceptible para la estación base 1720. Dichos procedimientos y funcionalidades pueden ser conocidos y practicados en la técnica. En ciertas realizaciones, las mediciones pueden implicar señalización de UE propietaria que facilite las mediciones de rendimiento, tiempos de propagación, latencia y similares del ordenador anfitrión 1710. Las medidas pueden implementarse de forma que el software 1711, 1731 haga que se transmitan mensajes, en particular mensajes vacíos o 'ficticios', utilizando la conexión OTT 1750 mientras monitorea tiempos de propagación, errores, etc.

La Figura 18 es un diagrama de flujo que ilustra un método implementado en un sistema de comunicación, según una realización. El sistema de comunicación incluye un ordenador anfitrión, una estación base y un UE que pueden ser los descritos con referencia a las Figuras 7 y 8. Para simplificar la presente descripción, en esta sección solo se incluirán referencias a los dibujos de la Figura 18. En un primer paso 1800 del método, el ordenador anfitrión proporciona datos de usuario. En un subpaso opcional 1802 del primer paso 1800, el ordenador anfitrión proporciona los datos de usuario mediante la ejecución de una aplicación anfitriona. En un segundo paso 1804, el ordenador anfitrión inicia una transmisión que lleva los datos de usuario al UE. En un tercer paso 1806 opcional, la estación base transmite al UE los datos de usuario que se transportaron en la transmisión que inició el ordenador anfitrión, según las enseñanzas de las realizaciones descritas a lo largo de esta descripción. En un cuarto paso 1808 opcional, el UE ejecuta una aplicación cliente asociada con la aplicación anfitriona ejecutada por el ordenador anfitrión.

La Figura 19 es un diagrama de flujo que ilustra un método implementado en un sistema de comunicación, según una o más realizaciones. El sistema de comunicación incluye un ordenador anfitrión, una estación base y un UE que pueden ser los descritos con referencia a otras figuras en la presente memoria. Para simplificar la presente descripción, en esta sección solo se incluirán referencias a los dibujos de la Figura 19. En un primer paso 1900 del método, el ordenador anfitrión proporciona datos de usuario. En un subpaso opcional (no mostrado), el ordenador anfitrión proporciona los datos de usuario mediante la ejecución de una aplicación anfitriona. En un segundo paso 1902, el ordenador anfitrión inicia una transmisión que transporta los datos de usuario al UE. La transmisión puede pasar a través de la estación base, según las enseñanzas de las realizaciones descritas a lo largo de esta descripción. En un tercer paso opcional 1904, el UE recibe los datos de usuario transportados en la transmisión.

La Figura 20 es un diagrama de flujo que ilustra un método implementado en un sistema de comunicación, según una o más realizaciones. El sistema de comunicación incluye un ordenador anfitrión, una estación base y un UE que pueden ser los descritos con referencia a otras figuras en la presente memoria. Para simplificar la presente descripción, en esta sección solo se incluirán referencias a los dibujos de la Figura 20. En un primer paso opcional 2000 del método, el UE recibe datos de entrada proporcionados por el ordenador anfitrión. Además, o alternativamente, en un segundo paso opcional 2002, el UE proporciona datos de usuario. En un subpaso opcional 2006 del segundo paso 2020, el UE proporciona los datos de usuario mediante la ejecución de una aplicación cliente. En subpaso 2004 adicional opcional del primer paso 2000, el UE ejecuta una aplicación cliente que proporciona los datos de usuario en reacción a los datos de entrada recibidos proporcionados por el ordenador anfitrión. Al proporcionar los datos de usuario, la aplicación cliente ejecutada puede considerar además la entrada de usuario recibida del usuario. Independientemente de la manera específica en que se proporcionaron los datos de usuario, el UE inicia, en un tercer subpaso 2008 opcional, la transmisión de los datos de usuario al ordenador anfitrión. En un cuarto paso 2010 del método, el ordenador anfitrión recibe los datos de usuario transmitidos desde el UE, según las enseñanzas de las realizaciones descritas a lo largo de esta descripción.

La Figura 21 es un diagrama de flujo que ilustra un método implementado en un sistema de comunicación, según una o más realizaciones. El sistema de comunicación incluye un ordenador anfitrión, una estación base y un UE que pueden ser los descritos con referencia a otras figuras en la presente memoria. Para simplificar la presente descripción, en esta sección solo se incluirán referencias a los dibujos de la Figura 21. En un primer paso 2100 opcional del método, según las enseñanzas de las realizaciones descritas a lo largo de esta descripción, la estación base recibe datos de usuario del UE. En un segundo paso opcional 2102, la estación base inicia la transmisión de los datos de usuario recibidos a el ordenador anfitrión. En un tercer paso 2104, el ordenador anfitrión recibe los datos de usuario transportados en la transmisión iniciada por la estación base.

La Figura 22 es un diagrama de bloques esquemático de un nodo de acceso de radio 2200 según algunas realizaciones de la presente descripción. El nodo de acceso de radio 2200 puede ser, por ejemplo, una estación base (por ejemplo, gNB o eNB) descrita en la presente memoria en relación con una o más figuras. Como se ilustra, el nodo de acceso de radio 2200 incluye un sistema de control 2202 que incluye además uno o más procesadores 2204 (por ejemplo, unidades de procesamiento central (CPUs), Circuitos integrados de aplicación específica (ASICs), matrices de puertas programables por campo (FPGAs) y/o similares), la memoria 2206 y una interfaz de red 2208. Además, el

- nodo de acceso de radio 2200 incluye una o más unidades de radio 2210 que incluyen cada una uno o más transmisores 2212 y uno o más receptores 2214 acoplados a una o más antenas 2216. En algunas realizaciones, la(s) unidad(es) de radio 2210 son externas al sistema de control 2202 y están conectadas al sistema de control 2202 a través de, por ejemplo, una conexión por cable (por ejemplo, un cable óptico). Sin embargo, en algunas otras realizaciones, la(s) unidad(es) de radio 2210 y potencialmente la(s) antena(s) 2216 están integradas junto con el sistema de control 2202. El uno o más procesadores 2204 operan para proporcionar una o más funciones de un nodo de acceso de radio 2200 como se describe en la presente memoria. En algunas realizaciones, la(s) función(es) se implementan en un software que se almacena, por ejemplo, en la memoria 2206 y es ejecutado por el uno o más procesadores 2204.
- 5 La Figura 23 es un diagrama de bloques esquemático que ilustra una realización virtualizada del nodo de acceso de radio 2200 según algunas realizaciones de la presente descripción. Esta discusión es igualmente aplicable a otros tipos de nodos de red. Además, otros tipos de nodos de red pueden tener arquitecturas virtualizadas similares.
- Como se usa en la presente memoria, un nodo de acceso de radio "virtualizado" es una implementación del nodo de acceso de radio 2200 en la que al menos una parte de la funcionalidad del nodo 2200 se implementa como un(os) componente(s) virtual(es) (por ejemplo, a través de una(s) máquina(s) virtual(es)) que se ejecuta(n) en un(os) nodo(s) de procesamiento físico en una(s) red(es). Como se ilustra, en este ejemplo, el nodo de acceso de radio 2200 incluye el sistema de control 2202 que incluye el uno o más procesadores 2204 (por ejemplo, CPU, ASIC, FPGA y/o similares), la memoria 2206 y la interfaz de red 2208 y la una o más unidades de radio 2210 que incluyen cada una el uno o más transmisores 2212 y el uno o más receptores 2214 acoplados a la una o más antenas 2223, como se describió anteriormente. El sistema de control 2202 está conectado a la(s) unidad(es) de radio 2210 a través de, por ejemplo, un cable óptico o similar. El sistema de control 2202 se puede conectar a uno o más nodos de procesamiento 2300 acoplados o incluidos como parte de una(s) red(es) 2302 a través de la interfaz de red 2308. Cada nodo de procesamiento 2300 puede incluir uno o más procesadores 2310 (por ejemplo, CPU, ASIC, FPGA y/o similares), la memoria 2306 y una interfaz de red 2308.
- 15 En este ejemplo, las funciones 2310 del nodo de acceso de radio 2200 descritas en la presente memoria se implementan en uno o más nodos de procesamiento 2300 o se distribuyen a través del sistema de control 2202 y el uno o más nodos de procesamiento 2300 de cualquier manera deseada. En algunas realizaciones particulares, algunas o todas las funciones 2310 del nodo de acceso de radio 2200 descritas en la presente memoria se implementan como componentes virtuales ejecutados por una o más máquinas virtuales implementadas en un(os) entorno(s) virtual(es) alojado(s) por el(los) nodo(s) de procesamiento 2300. Como apreciará un experto en la técnica, se utiliza señalización o comunicación adicional entre los nodos de procesamiento 2300 y el sistema de control 2202 para llevar a cabo al menos algunas de las funciones deseadas 2310. En particular, en algunas realizaciones, el sistema de control 2202 puede no estar incluido, en cuyo caso la(s) unidad(es) de radio 2210 se comunican directamente con el(los) nodo(s) de procesamiento 2300 a través de una(s) interfaz(es) de red apropiada(s).
- 20 En algunas realizaciones, un programa informático que incluye instrucciones que, cuando son ejecutadas por al menos un procesador, hacen que el al menos un procesador lleve a cabo la funcionalidad del nodo de acceso de radio 2200 o un nodo (por ejemplo, un nodo de procesamiento 2300) que implementa una o más de las funciones 2310 del nodo de acceso de radio 2200 en un entorno virtual según cualquiera de las realizaciones descritas en la presente memoria. En algunas realizaciones, se proporciona un soporte que comprende el producto de programa informático antes mencionado. El soporte es uno de una señal electrónica, una señal óptica, una señal de radio o un medio de almacenamiento legible por ordenador (por ejemplo, un medio no transitorio legible por ordenador tal como una memoria).
- 25 La Figura 24 es un diagrama de bloques esquemático del nodo de acceso de radio 2200 según algunas otras realizaciones de la presente descripción. El nodo de acceso de radio 2200 incluye uno o más módulos 2400, cada uno de los cuales se implementa en software. El(los) módulo(s) 2400 proporcionan la funcionalidad del nodo de acceso de radio 2200 descrito en la presente memoria. Esta discusión es igualmente aplicable al nodo de procesamiento 2300 de la Figura 23 donde los módulos 2400 pueden implementarse y/o distribuirse a través de uno o más nodos de procesamiento 2300 y/o sistema de control 2202.
- 30 La Figura 25 es un diagrama de bloques esquemático de un UE 2500 según algunas realizaciones de la presente descripción. Como se ilustra, el UE 2500 incluye uno o más procesadores 2502 (por ejemplo, CPU, ASIC, FPGA y/o similares), memoria 2504 y uno o más transceptores 2506, cada uno de los cuales incluye uno o más transmisores 2508 y uno o más receptores 2510 acoplados a una o más antenas 2512. En algunas realizaciones, la funcionalidad del UE 2500 descrita anteriormente se puede implementar total o parcialmente en software que está, por ejemplo, almacenado en la memoria 2504 y es ejecutado por el(los) procesador(es) 2502.
- 35 En algunas realizaciones, se proporciona un programa informático que incluye instrucciones que, cuando son ejecutadas por al menos un procesador, hacen que el al menos un procesador lleve a cabo la funcionalidad del UE 2500 según cualquiera de las realizaciones descritas en la presente memoria. En algunas realizaciones, se puede proporcionar un soporte que comprende el producto de programa informático antes mencionado. El soporte puede ser uno de una señal electrónica, una señal óptica, una señal de radio o un medio de almacenamiento legible por ordenador (por ejemplo, un medio no transitorio legible por ordenador tal como una memoria física).
- 40
- 45
- 50
- 55
- 60

La Figura 26 es un diagrama de bloques esquemático del UE 2500 según algunas otras realizaciones de la presente descripción. En estas realizaciones, el UE 2500 puede incluir uno o más módulos 2600, cada uno de los cuales se implementa en software. El(los) módulo(s) 2600 puede(n) proporcionar al menos una parte de la funcionalidad del UE 2500 descrita anteriormente.

5 Cualquier paso, método, característica, función o beneficio apropiado descrito en la presente memoria puede realizarse a través de una o más unidades funcionales o módulos de uno o más aparatos virtuales. Cada aparato virtual puede comprender varias de estas unidades funcionales. Estas unidades funcionales pueden implementarse a través de un circuito de procesamiento, que puede incluir uno o más microprocesadores o microcontroladores, así como otro hardware digital, que puede incluir un procesador de señales digitales (DSPs), lógica digital de propósito especial y similares. El circuito de procesamiento puede configurarse para ejecutar código de programa almacenado en la memoria, que puede incluir uno o varios tipos de memoria, como memoria de solo lectura (ROM), memoria de acceso aleatorio (RAM), memoria caché, dispositivos de memoria flash, dispositivos de almacenamiento óptico, etc. 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, así como instrucciones para llevar a cabo una o más de las técnicas descritas en la presente memoria. En algunas implementaciones, el circuito de procesamiento se puede usar para hacer que la respectiva unidad funcional realice las funciones correspondientes según una o más realizaciones de la presente descripción.

Referencias

- IEEE 802.1AS
- 20 • IEEE 802.1Qa,
- IEEE 802.1Qbu
- IEEE 802.1Qbv
- IEEE 802.1Qch
- IEEE 802.1Qcr
- 25 • IEEE 802.1CB
- IEEE 802.1Qca
- IEEE 802.1Qci
- IEEE 802.1Qat
- IEEE 802.1Qcc
- 30 • IEEE 802.1Qcp
- IEEE 802.1CS

REIVINDICACIONES

1. Un método, realizado en una red central (1644) asociada con una red de acceso por radio, RAN (1641), para planificar recursos en la RAN (1641) según una planificación de transmisión asociada con una red externa, comprendiendo el método:
- 5 recibir (1210), desde la red externa, una planificación de transmisión asociada con un flujo de datos sensibles al tiempo, en donde el flujo de datos sensibles al tiempo es un flujo de datos de una red sensible al tiempo, TSN;
- enviar (1220), a la RAN (1641), una solicitud para asignar recursos de radio para la comunicación del flujo de datos entre la RAN (1641) y un equipo de usuario, UE (1651, 1652, 1730), donde la solicitud comprende además información relacionada con la planificación de transmisión; y
- 10 recibir (1230), desde la RAN (1641), una respuesta que indica si se pueden asignar recursos de radio para cumplir con la planificación de transmisión asociada con el flujo de datos.
2. El método de la reivindicación 1, en donde:
- la red externa comprende la red sensible al tiempo, TSN; y
- la planificación de transmisión comprende tiempos de ciclo y listas de control de puerta para una o más clases de tráfico que comprenden el flujo de datos.
- 15 3. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1-2, en donde la información relacionada con la planificación de transmisión incluye uno o más de los siguientes:
- un identificador del UE (1651, 1652, 1730);
- identificadores de uno o más flujos de calidad de servicio, QoS, asociados con el flujo de datos; y
- 20 un requisito de QoS asociado con cada uno de los flujos de QoS.
4. El método de la reivindicación 3, en donde cada requisito de QoS comprende:
- una o más ventanas de tiempo durante las cuales se requiere que se transmita el flujo de datos; y/o
- una ventana de tiempo inicial y una periodicidad que identifica las ventanas de tiempo posteriores.
5. El método de la reivindicación 4, en donde si la respuesta indica que no se pueden asignar recursos de radio para cumplir con la planificación de transmisión del flujo de datos (1235), la respuesta comprende además una indicación de una o más ventanas de tiempo adicionales durante las cuales se pueden asignar recursos de radio.
- 25 6. El método de cualquiera de las reivindicaciones 3-5, en donde la respuesta indica si se puede cumplir con el requisito de QoS asociado con cada uno de los flujos de QoS, y que comprende además determinar (1240) si se puede cumplir con la planificación de transmisión en base a la indicación de si se puede cumplir con el requisito de QoS asociado con cada uno de los flujos de QoS.
- 30 7. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1-6, que comprende además enviar (1250), a la red externa, una indicación de si se puede cumplir con la planificación de transmisión.
8. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1-7, en donde el método es realizado por una función de gestión de acceso, AMF, en una red central 5G, 5GC.
- 35 9. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1-8, en donde:
- la planificación de transmisión se recibe desde la red externa y los recursos de radio son para la comunicación de enlace descendente desde la RAN (1641) al UE (1651, 1652, 1730); o
- la planificación de transmisión se recibe desde el UE (1651, 1652, 1730) y los recursos de radio son para la comunicación de enlace ascendente desde el UE (1651, 1652, 1730) a la RAN (1641).
- 40 10. Un método, realizado en una red de acceso por radio, RAN (1641), asociada con una red central (1644), para planificar recursos en la RAN (1641) según una planificación de transmisión asociada con una red externa, comprendiendo el método:
- 45 recibir (1310), desde la red central (1644), una solicitud para asignar recursos de radio entre la RAN (1641) y un equipo de usuario, UE (1651, 1652, 1730) para la comunicación de un flujo de datos sensibles al tiempo, en donde el flujo de datos sensibles al tiempo es un flujo de datos de una red sensible al tiempo, TSN, y la solicitud comprende además información relacionada con una planificación de transmisión asociada con el flujo de datos; y

en base a la información relacionada con la planificación de transmisión, determinar (1320) si se pueden asignar recursos de radio para cumplir con la planificación de transmisión; y

enviar (1350), a la red central (1644), una respuesta que indica si se pueden asignar los recursos de radio para cumplir con la planificación de transmisión.

5 11. El método de la reivindicación 10, en donde:

la red externa comprende la red sensible al tiempo, TSN.

12. El método de cualquiera de las reivindicaciones 10-11, en donde la información relacionada con la planificación de transmisión incluye uno o más de los siguientes:

un identificador del UE (1651, 1652, 1730);

10 identificadores de uno o más flujos de calidad de servicio, QoS, asociados con el flujo de datos; y

un requisito de QoS asociado con cada uno de los flujos de QoS.

13. El método de la reivindicación 12, en donde la respuesta indica si se puede cumplir con el requisito de QoS asociado con cada uno de los flujos de QoS.

14. El método de cualquiera de las reivindicaciones 12-13, en donde cada requisito de QoS comprende:

15 una o más ventanas de tiempo durante las cuales se requiere que se transmita el flujo de datos; y/o

una ventana de tiempo inicial y una periodicidad que identifica las ventanas de tiempo posteriores.

15. El método de la reivindicación 14, en donde:

20 si se determina que no se pueden asignar recursos de radio para cumplir con la planificación de transmisión asociada con el flujo de datos (1330), el método comprende además determinar una o más ventanas de tiempo adicionales durante las cuales se pueden asignar recursos de radio; y

la respuesta comprende además una indicación de la una o más ventanas de tiempo adicionales.

25 16. El método de cualquiera de las reivindicaciones 12-15, en donde si se determina que se pueden asignar recursos de radio para cumplir con la planificación de transmisión asociada con el flujo de datos (1340), el método comprende además mapear el uno o más flujos de QoS a al menos una portadora de radio entre la RAN (1641) y el UE (1651, 1652, 1730) y reservar los recursos de transmisión para la al menos una portadora de radio.

30 17. El método de cualquiera de las reivindicaciones 10-16, en donde determinar si se pueden asignar recursos de radio para cumplir con la planificación de transmisión se basa además en uno o más de los siguientes: recursos necesarios para la carga de tráfico actual o estimada, capacidades del UE (1651, 1652, 1730), calidad del canal entre la RAN (1641) y el UE (1651, 1652, 1730) y necesidad de asignar recursos garantizados adicionales para el UE (1651, 1652, 1730).

18. El método de cualquiera de las reivindicaciones 10-17, donde el método es realizado por el gNodeB, gNB, en una RAN de 5G, NG-RAN.

35 19. Un método, realizado en un equipo de usuario, UE (1651, 1652, 1730), en comunicación con una red de acceso por radio, RAN (1641), para planificar recursos en la RAN (1641) según una planificación de transmisión asociada con una red externa, comprendiendo el método:

recibir (1410), desde la red externa, una planificación de transmisión asociada con un flujo de datos sensibles al tiempo, en donde el flujo de datos sensibles al tiempo es un flujo de datos de una red sensible al tiempo, TSN;

40 enviar (1420), a una función de gestión de acceso, AMF, de una red central (1644) de quinta generación, 5G, asociada con la RAN (1641), una solicitud para asignar recursos de radio para la comunicación del flujo de datos entre el UE (1651, 1652, 1730) y la RAN (1641), en donde la solicitud comprende además información relacionada con la planificación de transmisión; y

recibir (1430), desde la AMF de la red central 5G (1644), una respuesta que indica si se pueden asignar recursos de radio para cumplir con la planificación de transmisión asociada con el flujo de datos.

20. El método de la reivindicación 19, en donde:

45 la red externa comprende la red sensible al tiempo, TSN; y

la planificación de transmisión comprende tiempos de ciclo y listas de control de puerta para una o más clases de tráfico que comprenden el flujo de datos.

5 21. El método de cualquiera de las reivindicaciones 19-20, en donde si la respuesta de la AMF de la red central 5G (1644) indica que no se pueden asignar recursos de radio para cumplir con la planificación de transmisión del flujo de datos (1435), la respuesta comprende además una indicación de una o más ventanas de tiempo adicionales durante las cuales se pueden asignar recursos de radio.

22. El método de cualquiera de las reivindicaciones 19-21, que comprende además, en base a la respuesta de la AMF de la red central 5G (1644), enviar (1440), a la red externa, una indicación de si se puede cumplir con la planificación de transmisión.

10 23. El método de la reivindicación 22, cuando depende de la reivindicación 21, en donde si la respuesta comprende la indicación de una o más ventanas de tiempo adicionales (1445), la indicación enviada a la red externa incluye además información relacionada con la una o más ventanas de tiempo adicionales.

15 24. Un nodo de red, para una red central (1644) asociada con una red de acceso por radio, RAN (1641), configurada para planificar recursos en la RAN (1641) según una planificación de transmisión asociada con una red externa, comprendiendo el nodo de red:

una interfaz de comunicación; y

circuito de procesamiento acoplado operativamente a la interfaz de comunicación y configurado para realizar cualquier operación de cualquiera de las reivindicaciones 1-9; y

circuito de suministro de energía configurado para suministrar energía al nodo de red.

20 25. Un nodo de red (1642a, 1642b, 1642c, 1720), para una red de acceso por radio, RAN (1641) asociada con una red central (1644), configurada para planificar recursos en la RAN (1641) según una planificación de transmisión asociada con una red externa, comprendiendo el nodo de red (1642a, 1642b, 1642c, 1720):

una interfaz de comunicación (1726); y

25 circuito de procesamiento (1728) acoplado operativamente a la interfaz de comunicación (1726) y configurado para realizar cualquier operación de cualquiera de las reivindicaciones 10-18; y

circuito de suministro de energía configurado para suministrar energía al nodo de red (1642a, 1642b, 1642c, 1720).

26. Un equipo de usuario, UE (1651, 1652, 1730), para la comunicación con una red de acceso por radio, RAN, (1641), para planificar recursos en la RAN (1641) según una planificación de transmisión asociada con una red externa, comprendiendo el UE (1651, 1652, 1730):

30 una interfaz de comunicación; y

circuito de procesamiento (1738) acoplado operativamente a la interfaz de comunicación y configurado para realizar cualquier operación de cualquiera de las reivindicaciones 19-23; y

circuito de suministro de energía configurado para suministrar energía al UE (1651, 1652, 1730).

35 27. Un medio legible por ordenador no transitorio que almacena instrucciones ejecutables por ordenador que, cuando son ejecutadas por al menos un circuito de procesamiento que comprende un nodo de red de la red central (1644), configura el nodo de red para realizar cualquiera de las operaciones que comprenden cualquiera de las reivindicaciones 1-9.

40 28. Un medio legible por ordenador no transitorio que almacena instrucciones ejecutables por ordenador que, cuando son ejecutadas por al menos un circuito de procesamiento que comprende un nodo de red (1642a, 1642b, 1642c, 1720) de una red de acceso por radio, RAN (1641), configura el nodo de red (1642a, 1642b, 1642c, 1720) para realizar cualquiera de las operaciones que comprende cualquiera de las reivindicaciones 10-18.

45 29. Un medio legible por ordenador no transitorio que almacena instrucciones ejecutables por ordenador que, cuando es ejecutado por al menos un circuito de procesamiento que comprende un equipo de usuario, UE (1651, 1652, 1730), configura el UE (1651, 1652, 1730) para realizar cualquiera de las operaciones que comprenden cualquiera de las reivindicaciones 19-23.

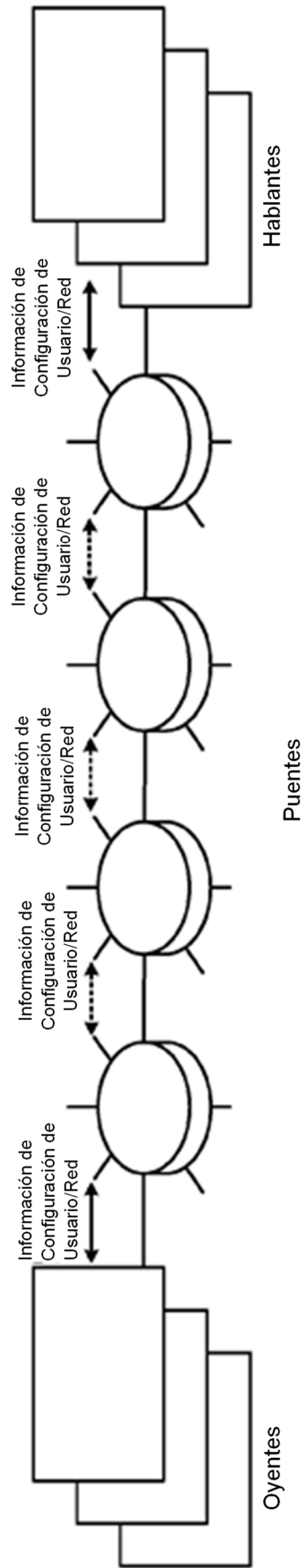


Fig. 1

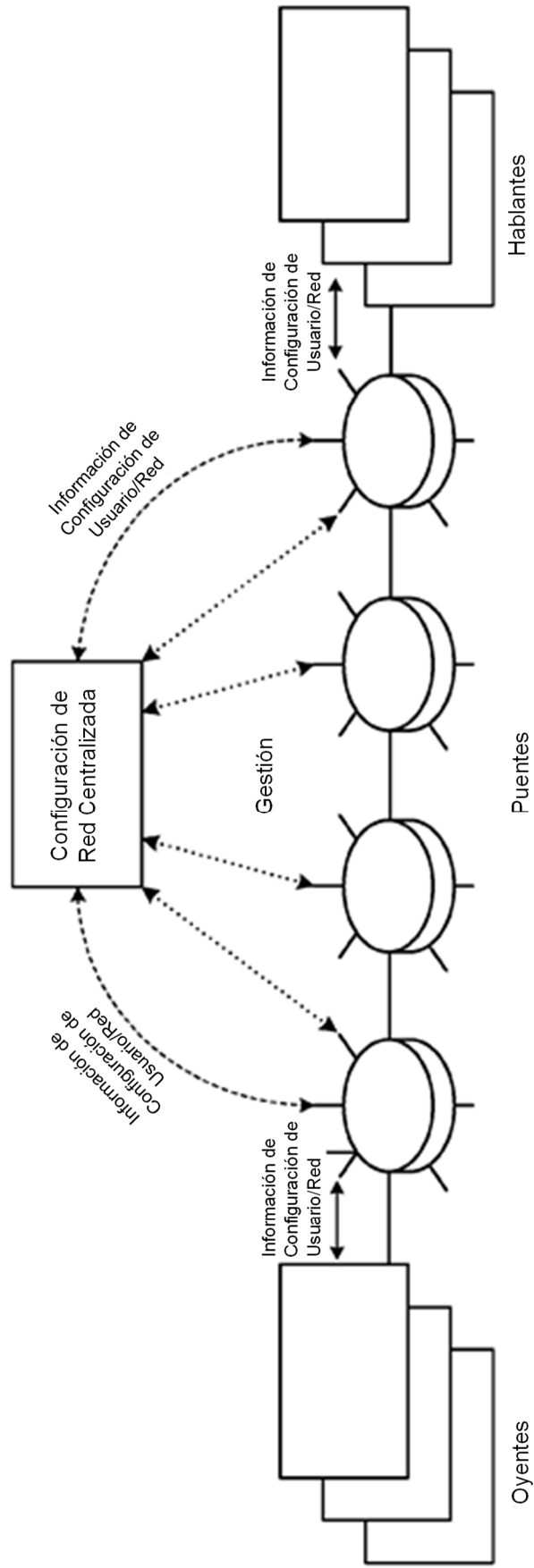


Fig. 2

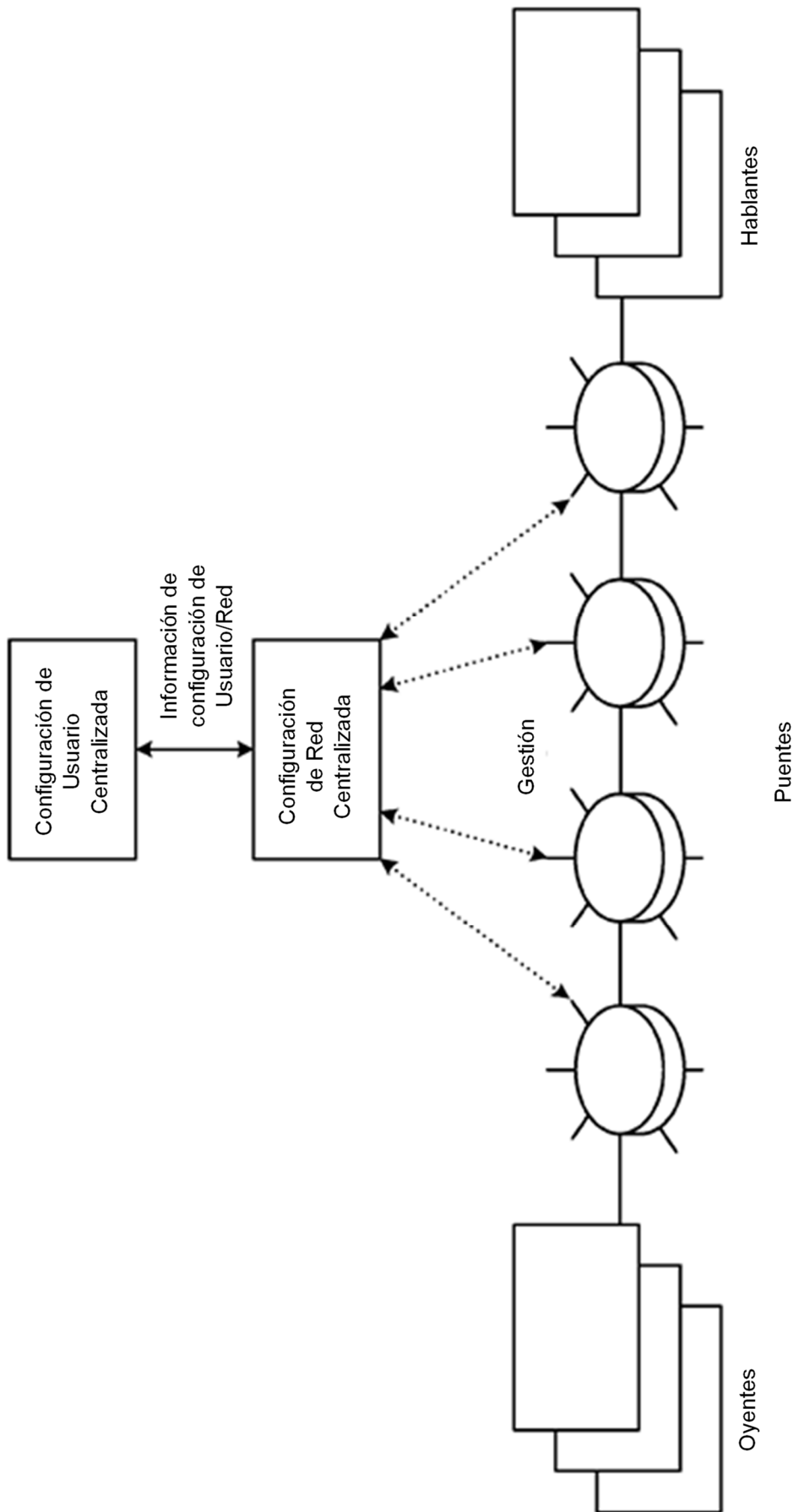


Fig. 3

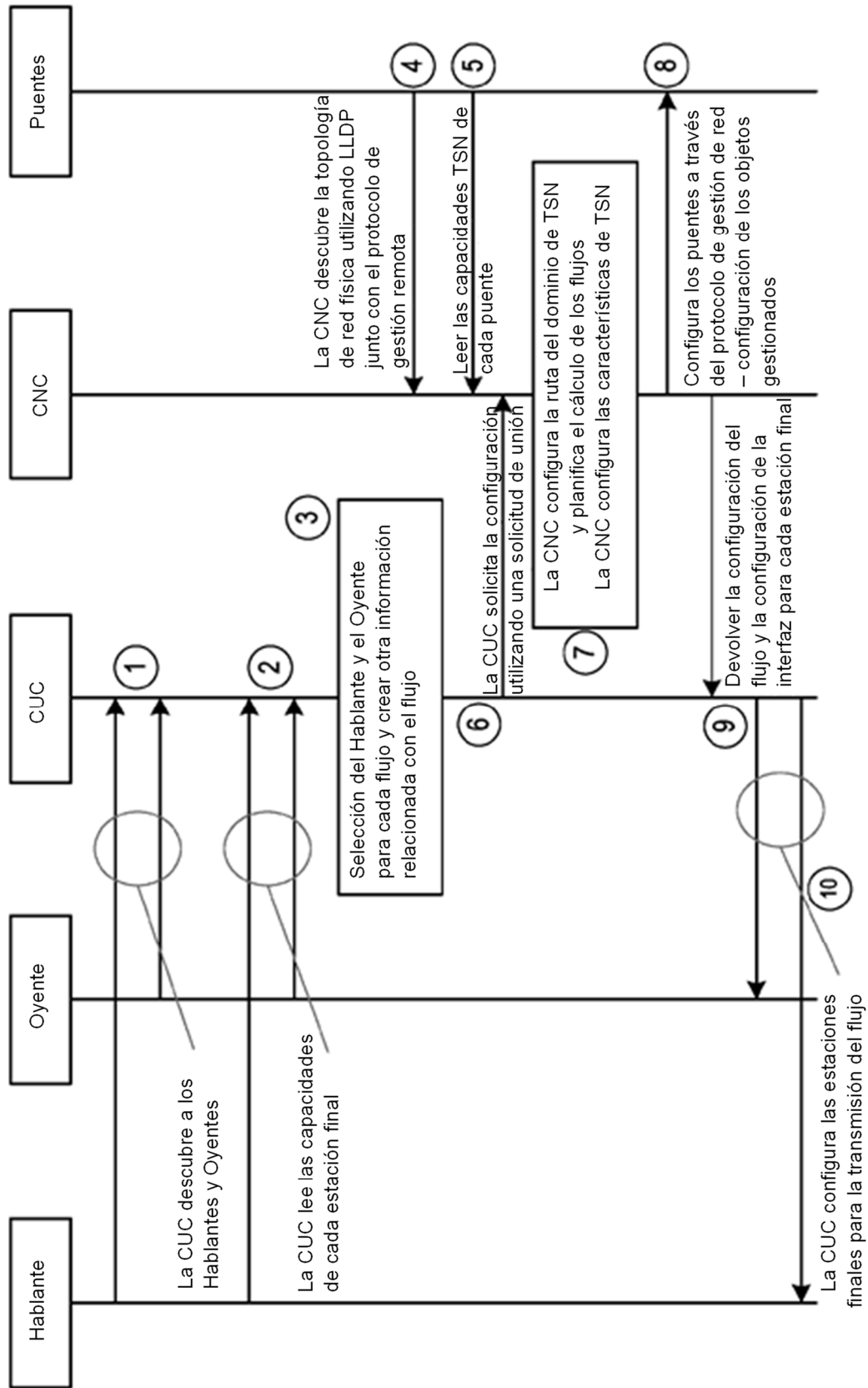


Fig. 4

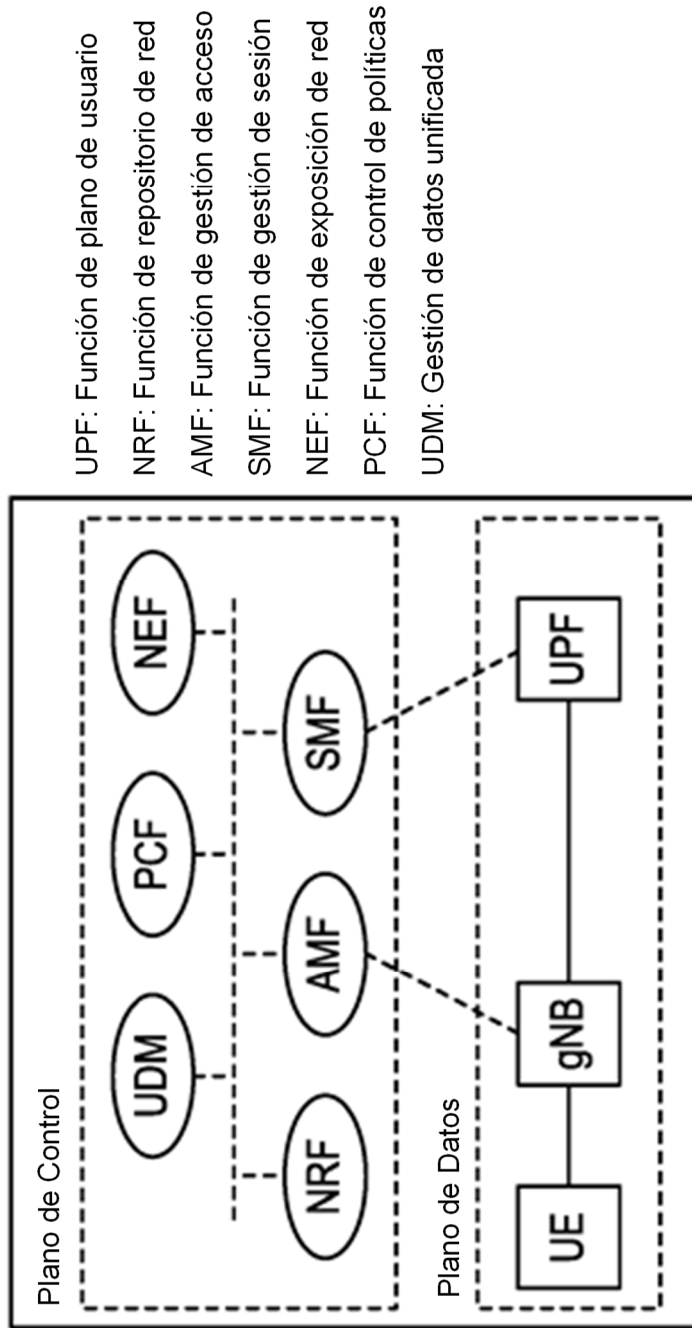


Fig. 5

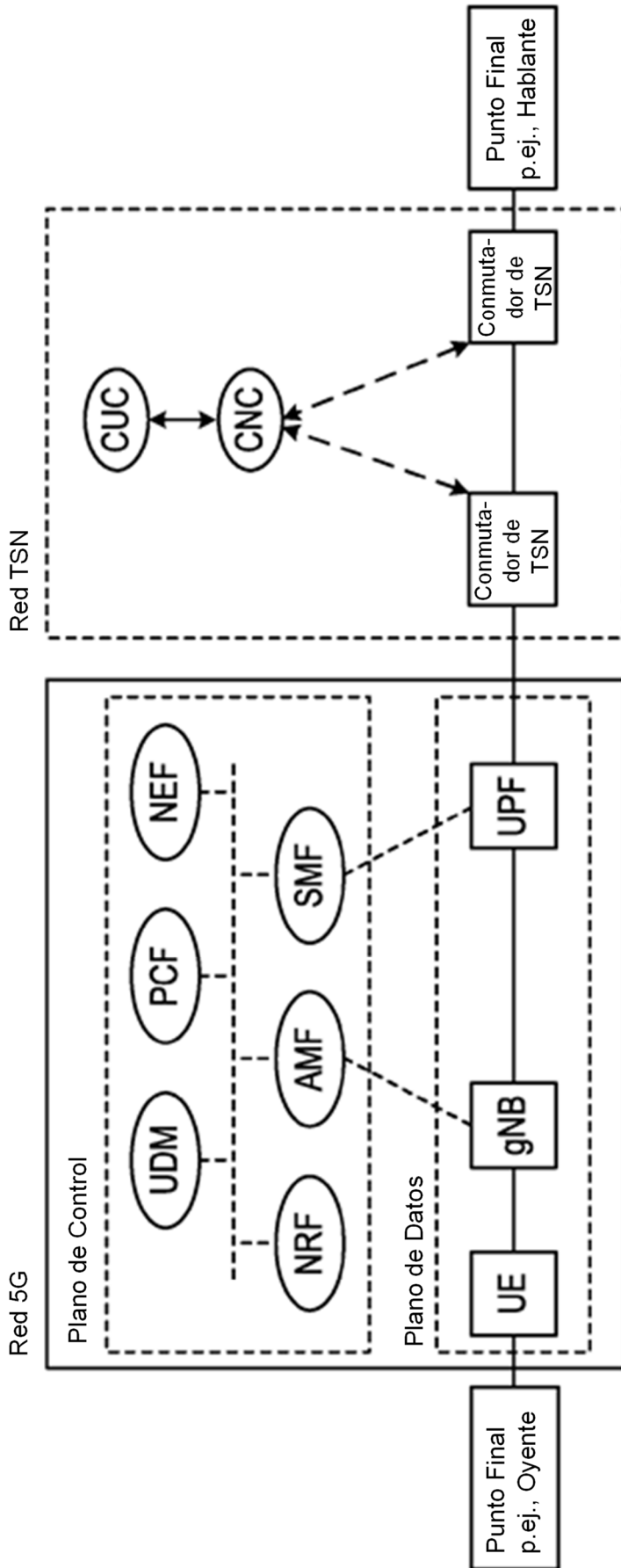


Fig. 6

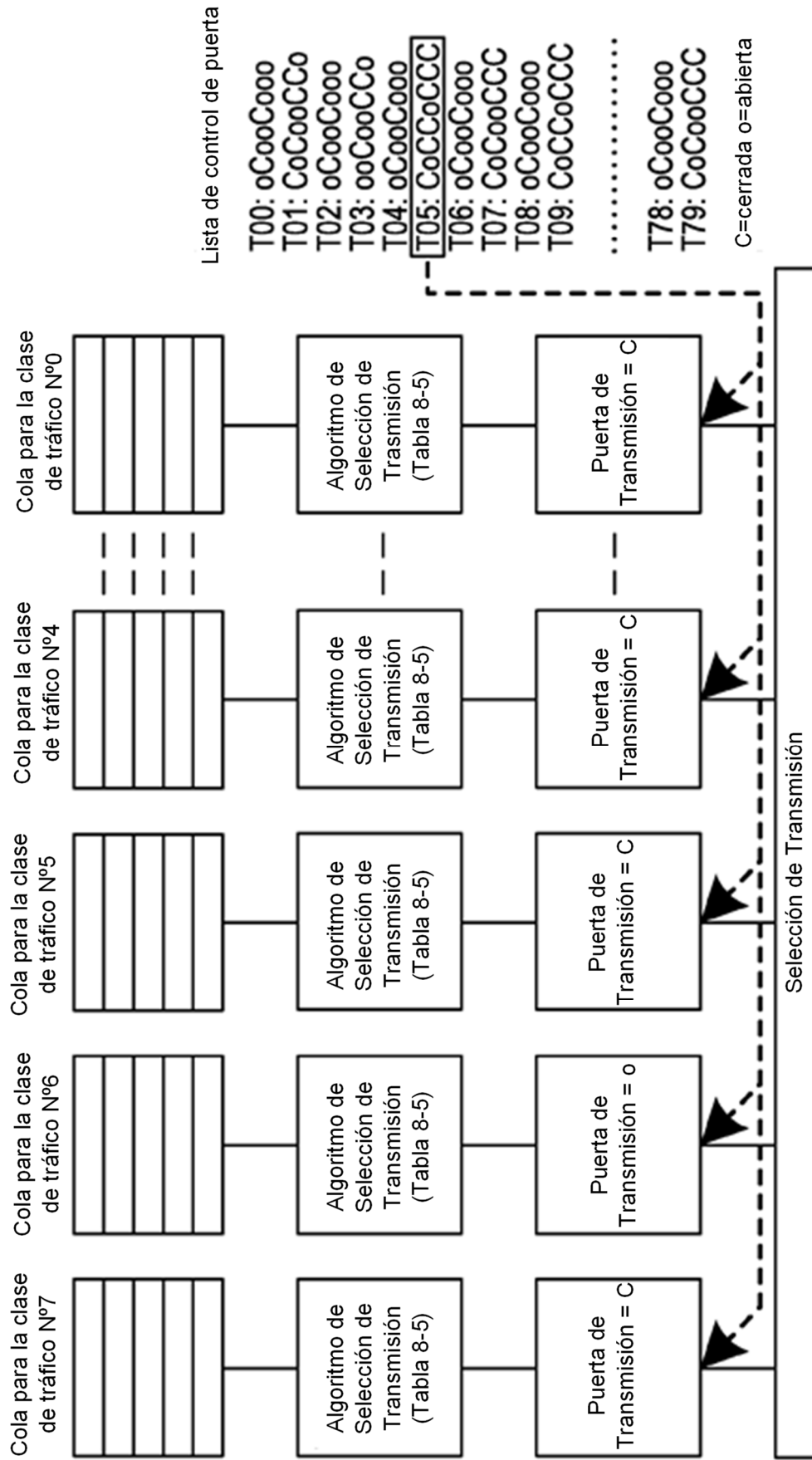


Fig. 7

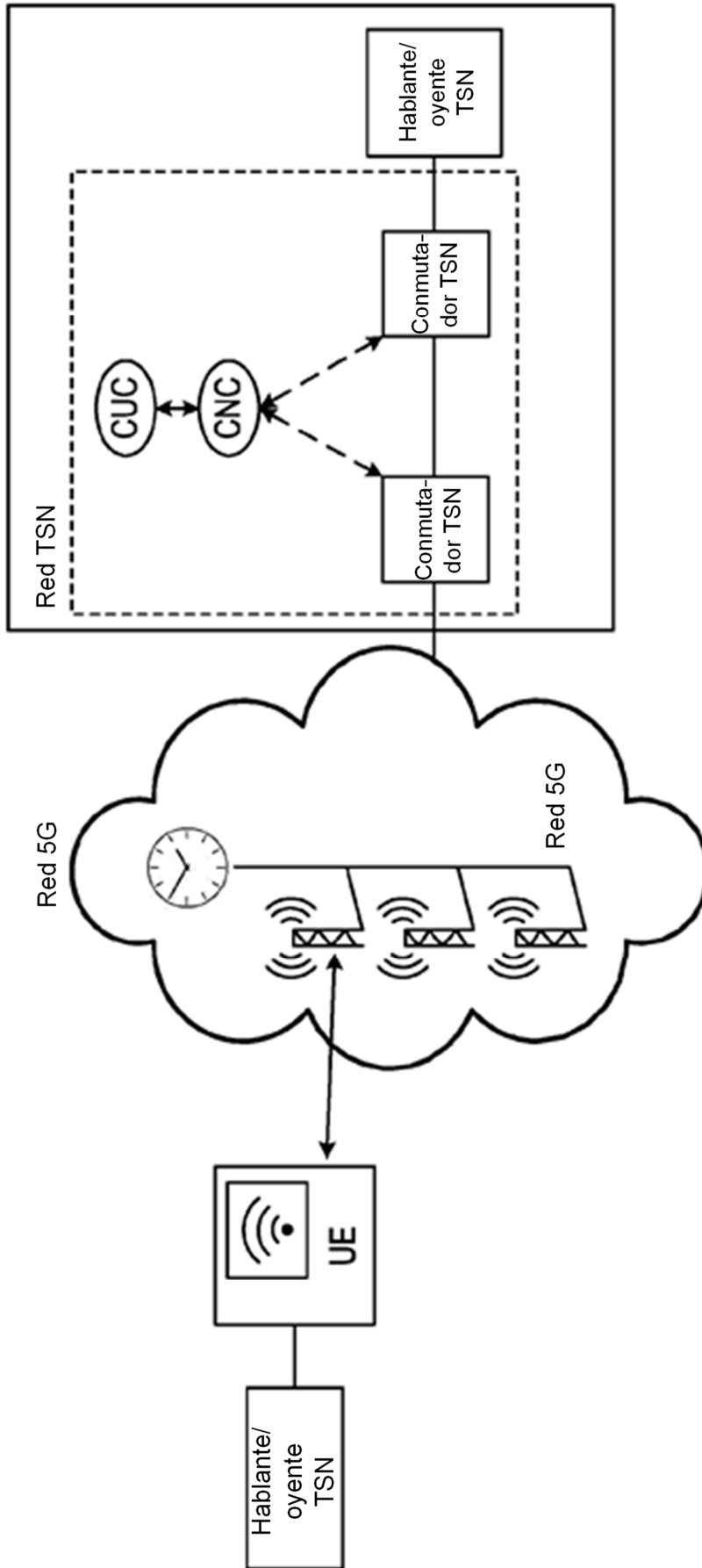


Fig. 8

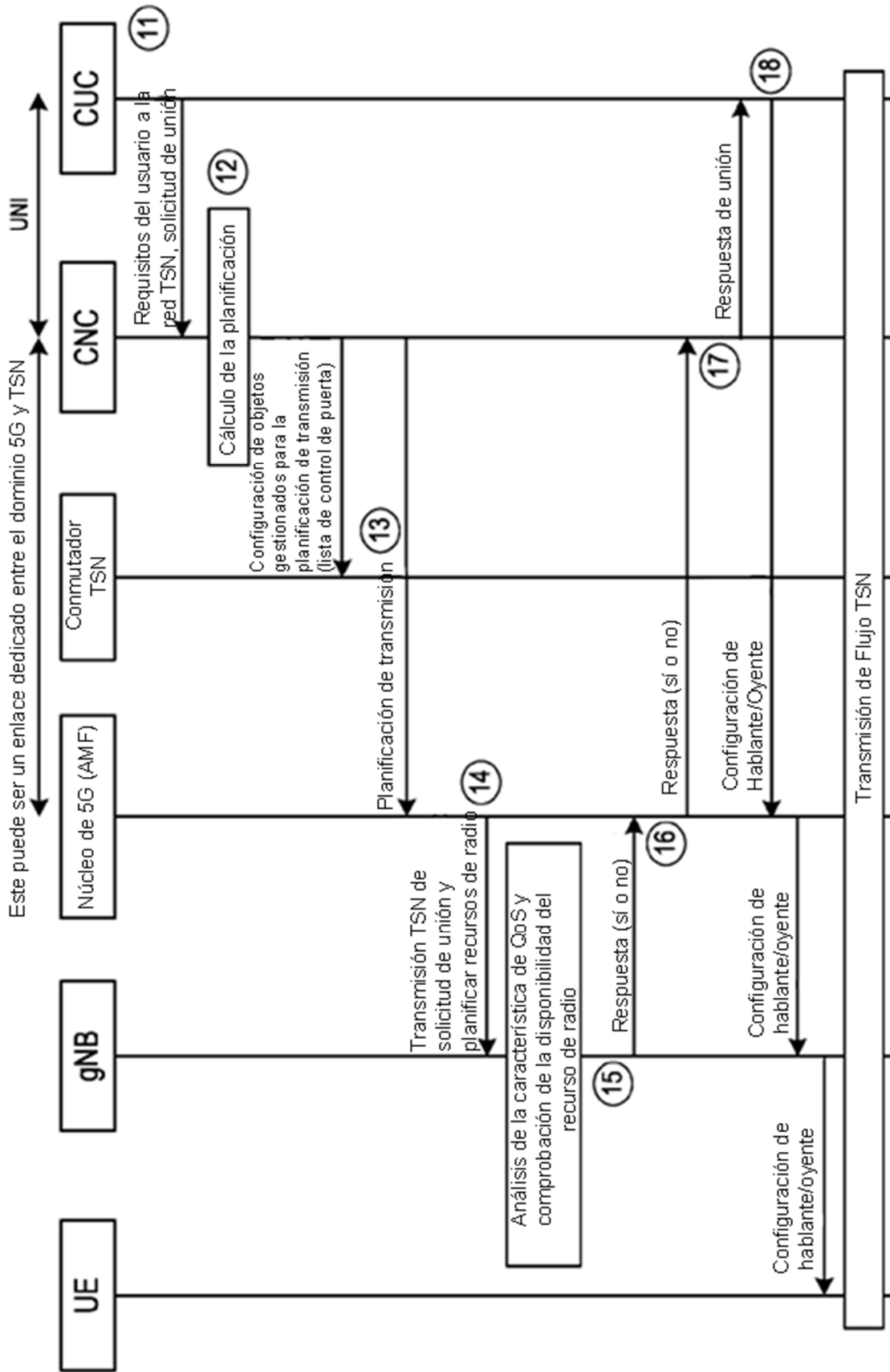


Fig. 9

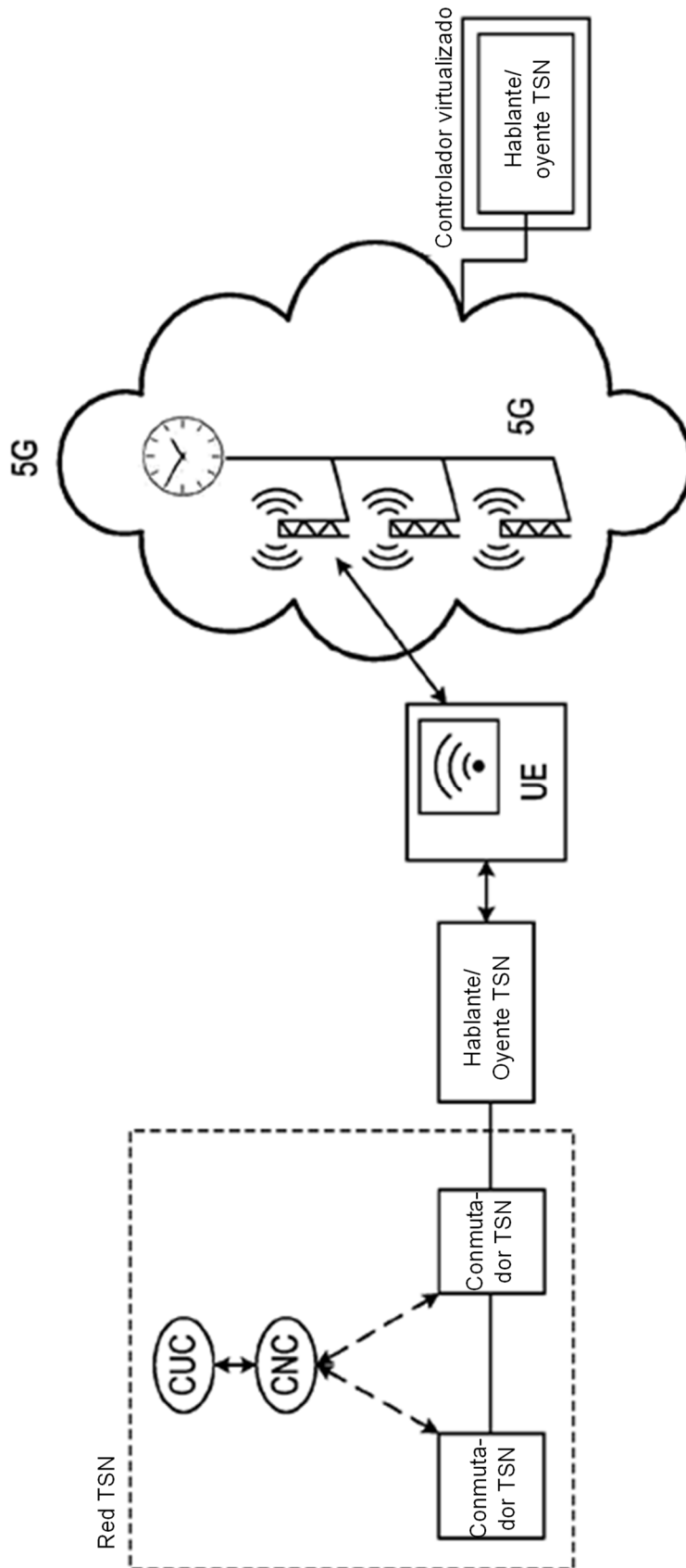


Fig. 10

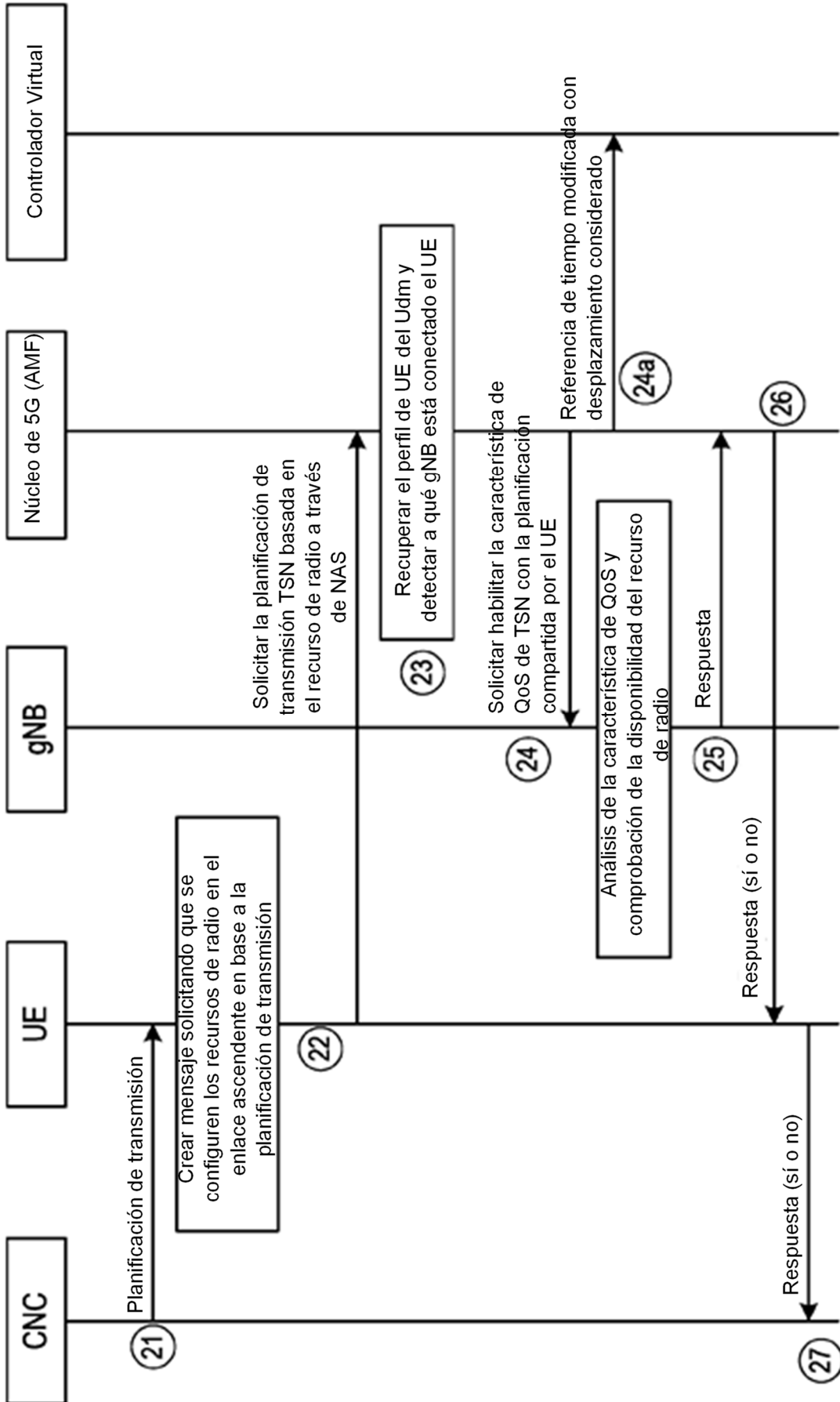


Fig. 11

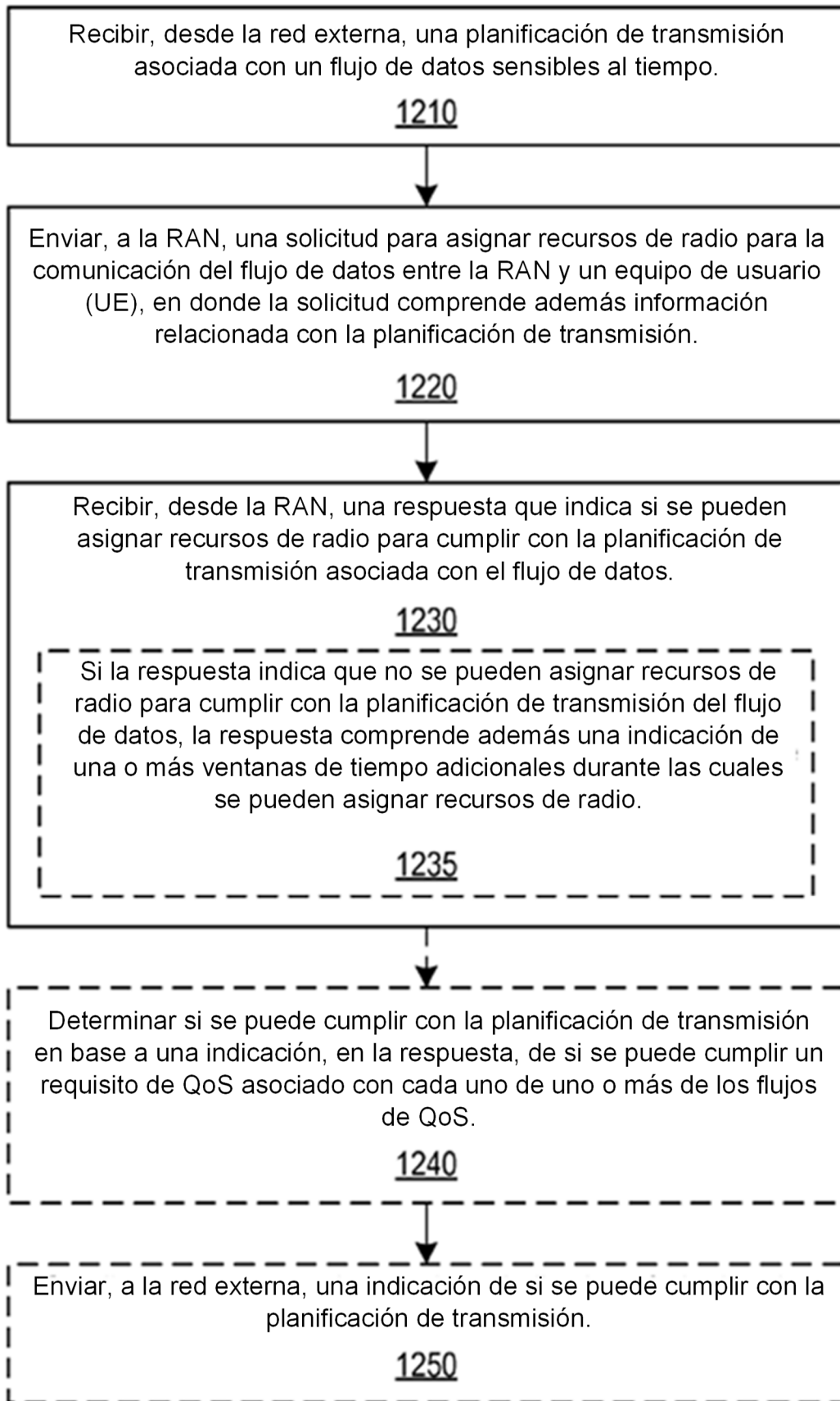


Fig. 12

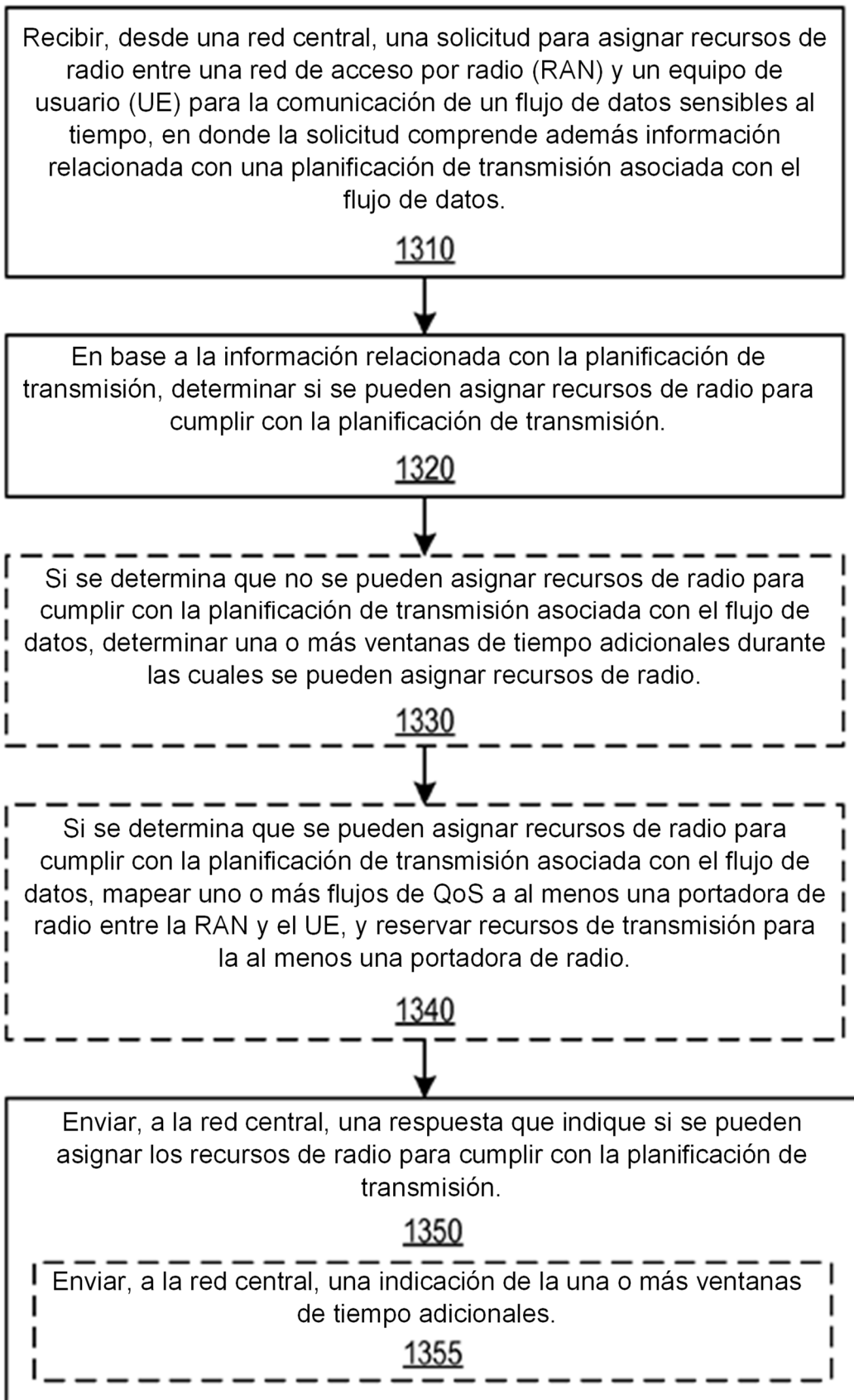


Fig. 13

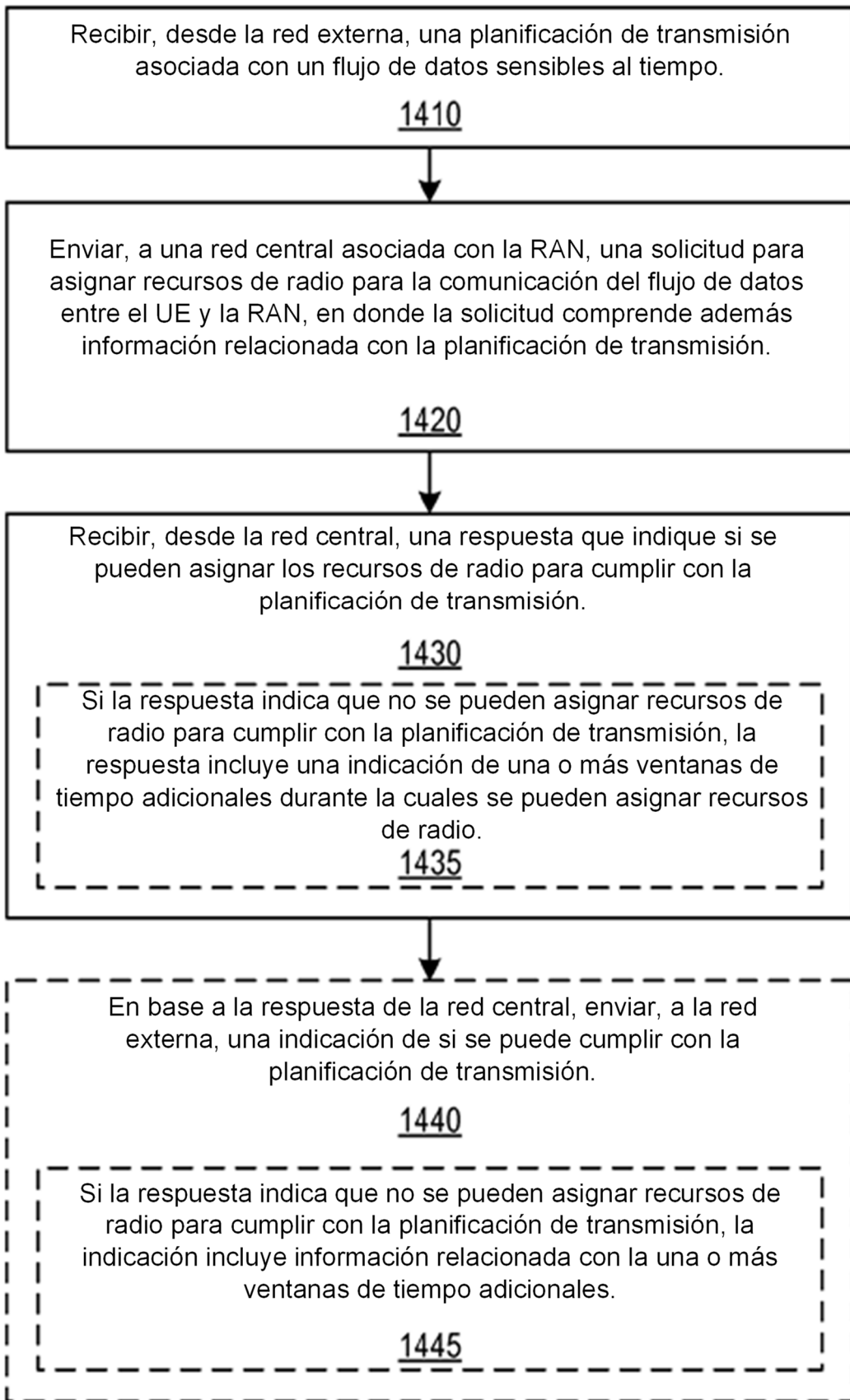


Fig. 14

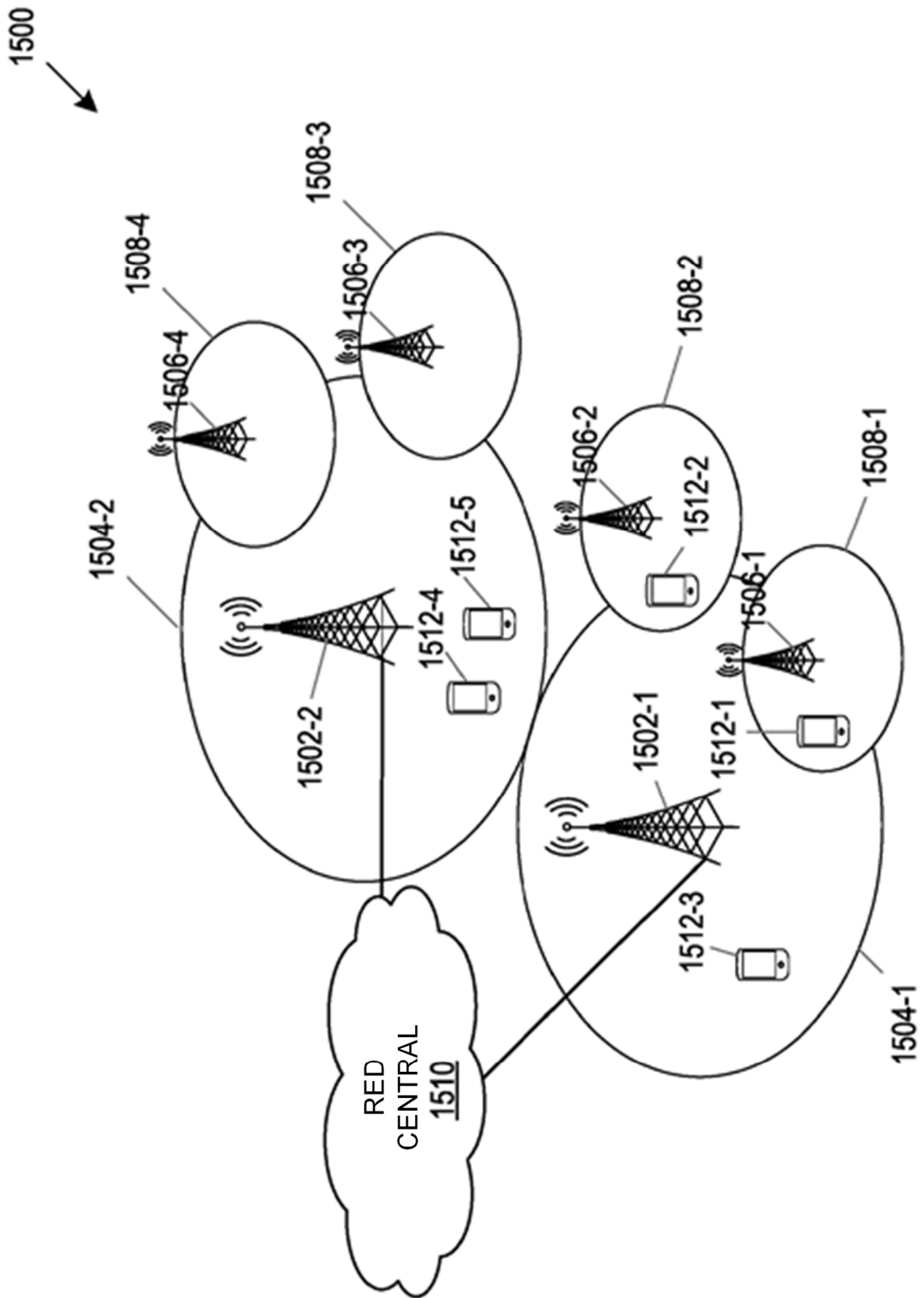


Fig. 15

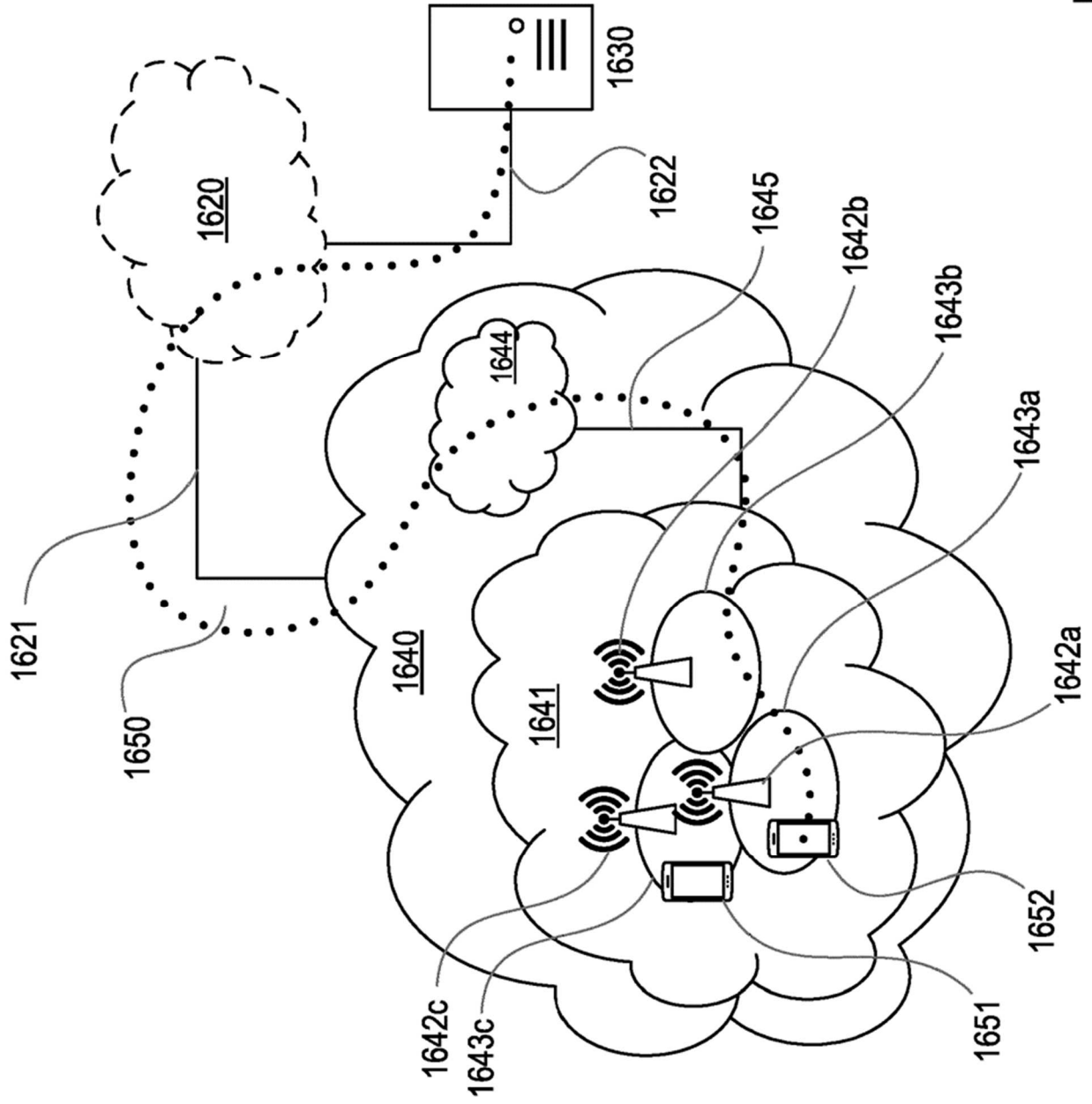


Fig. 16

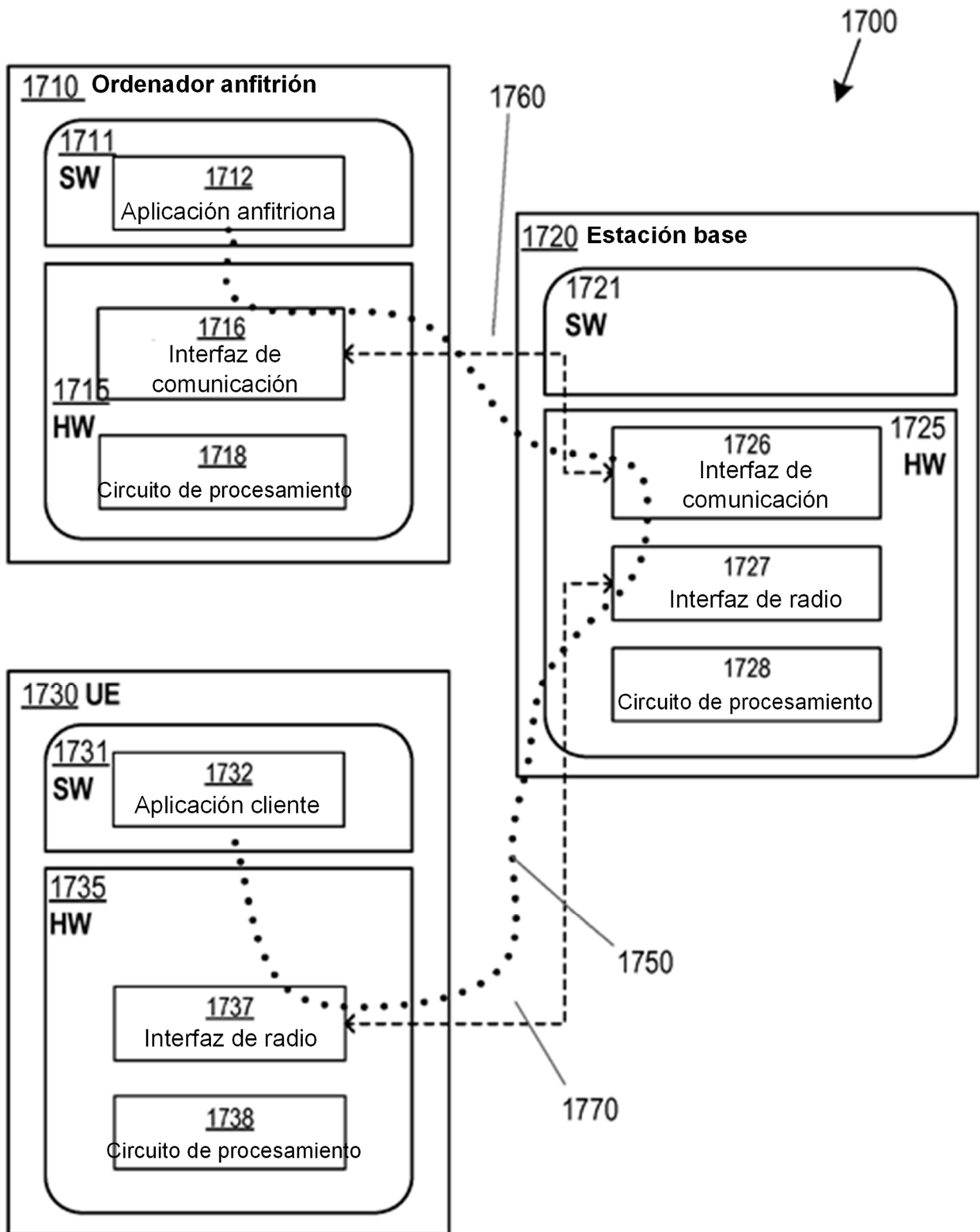


Fig. 17

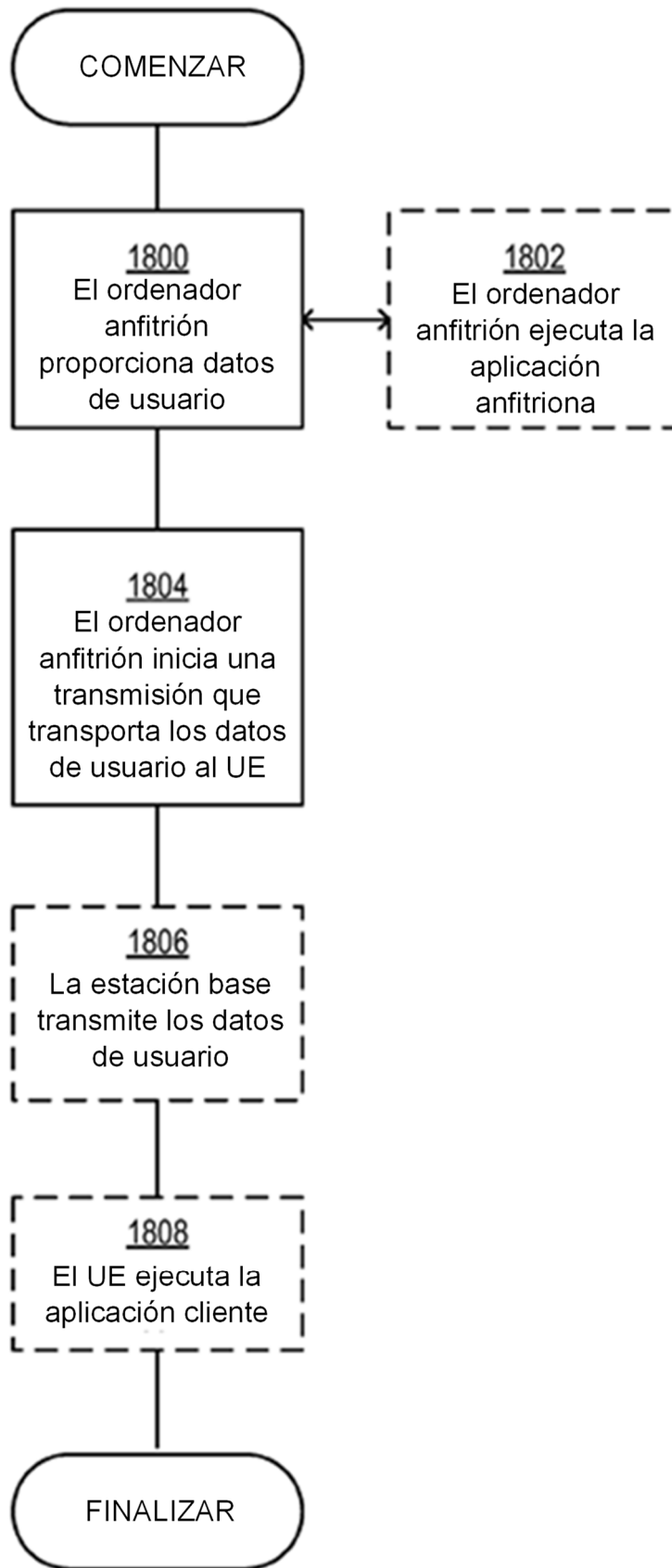


Fig. 18

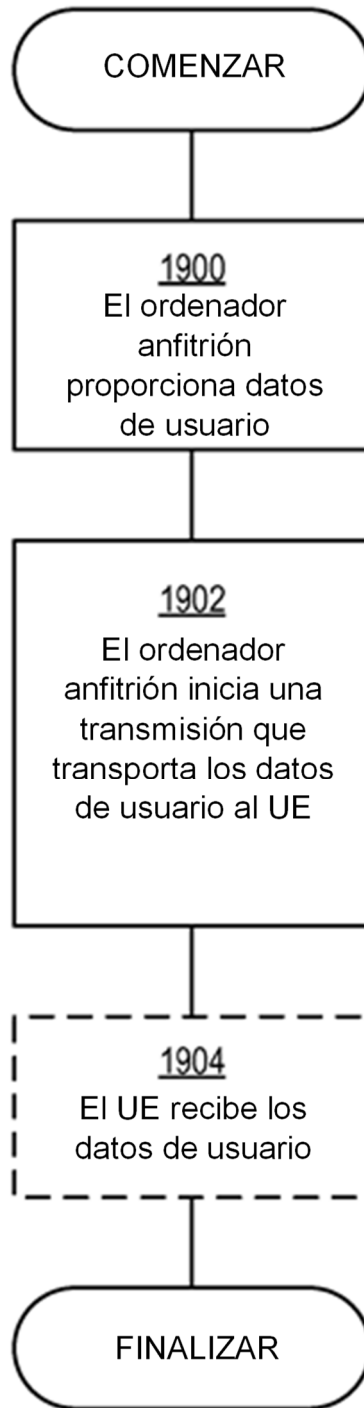


Fig. 19

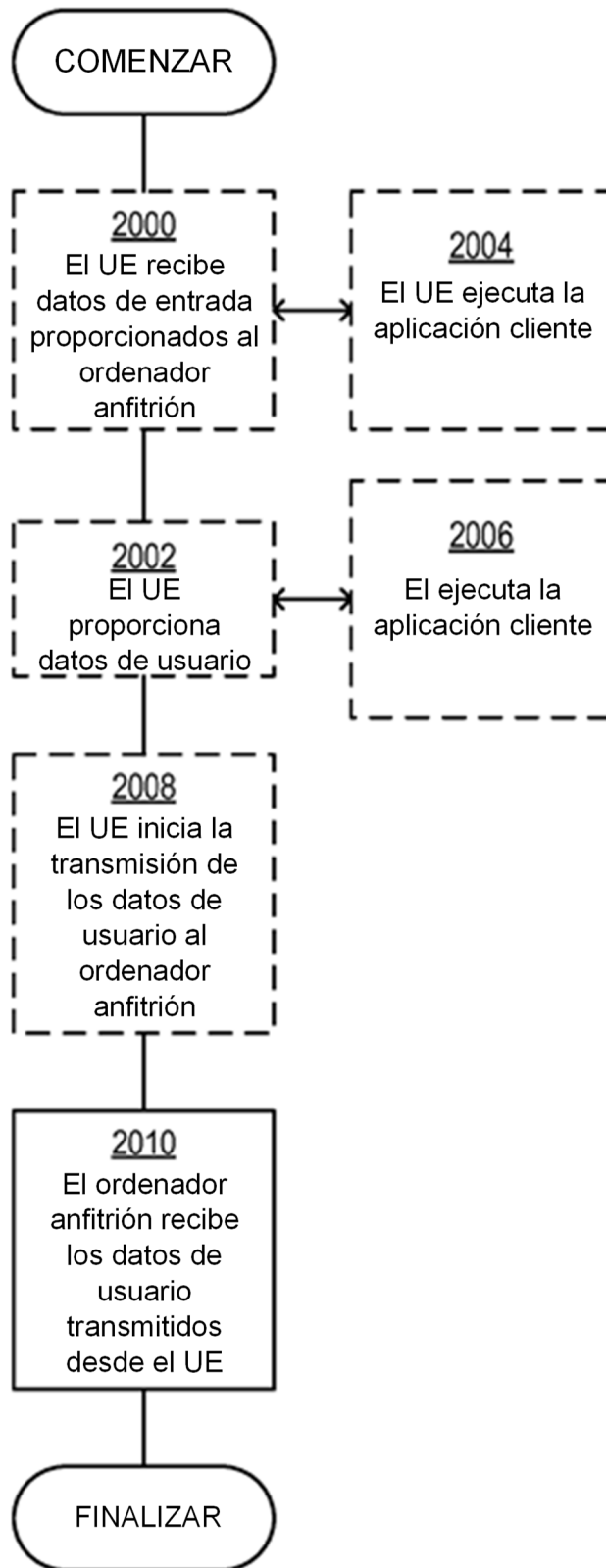


Fig. 20

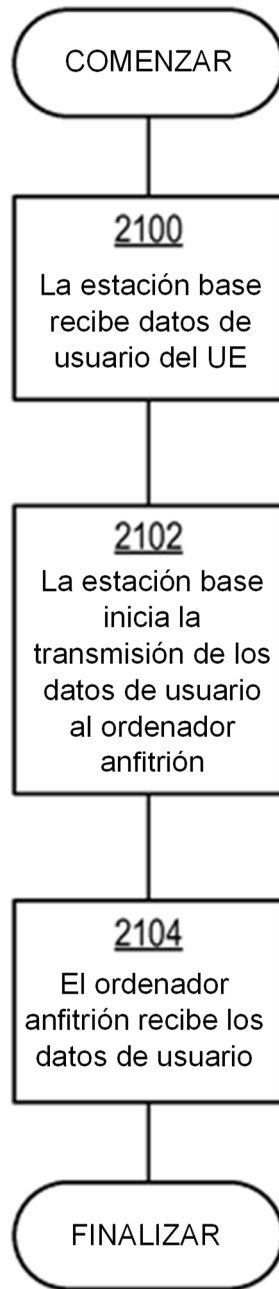


Fig. 21

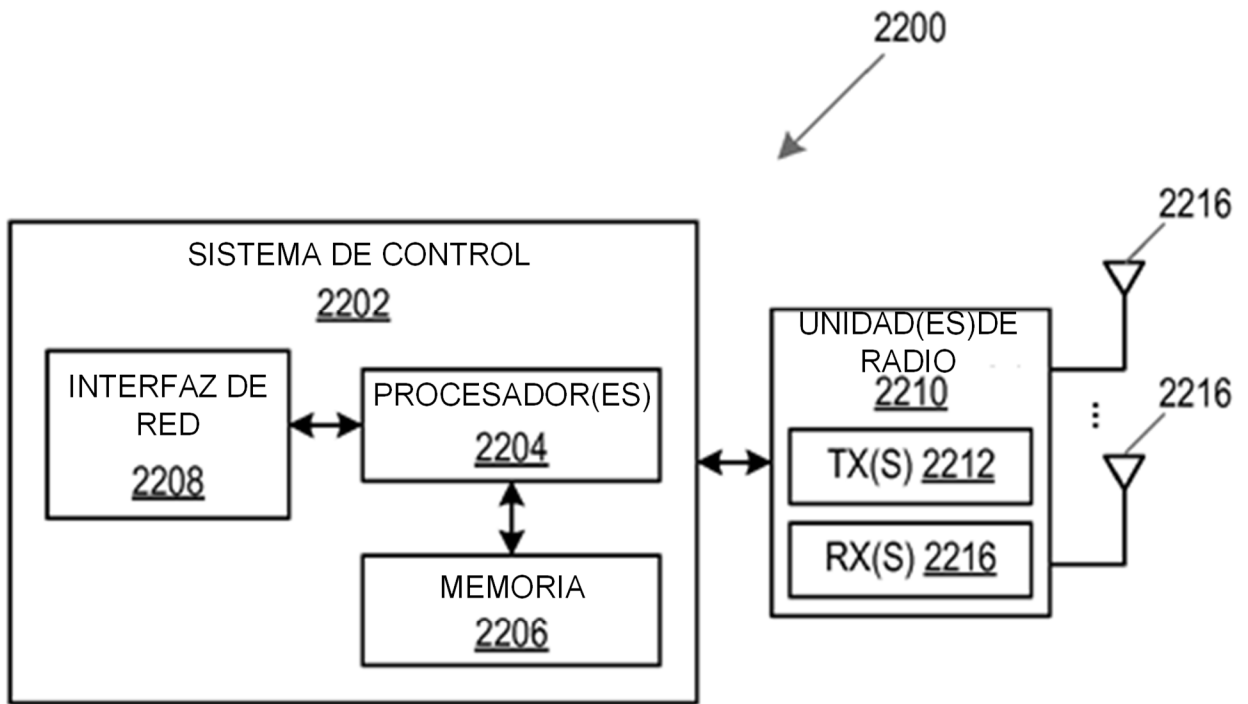


Fig. 22

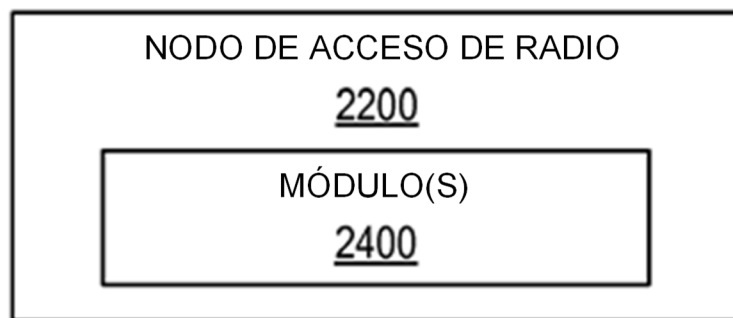


Fig. 24

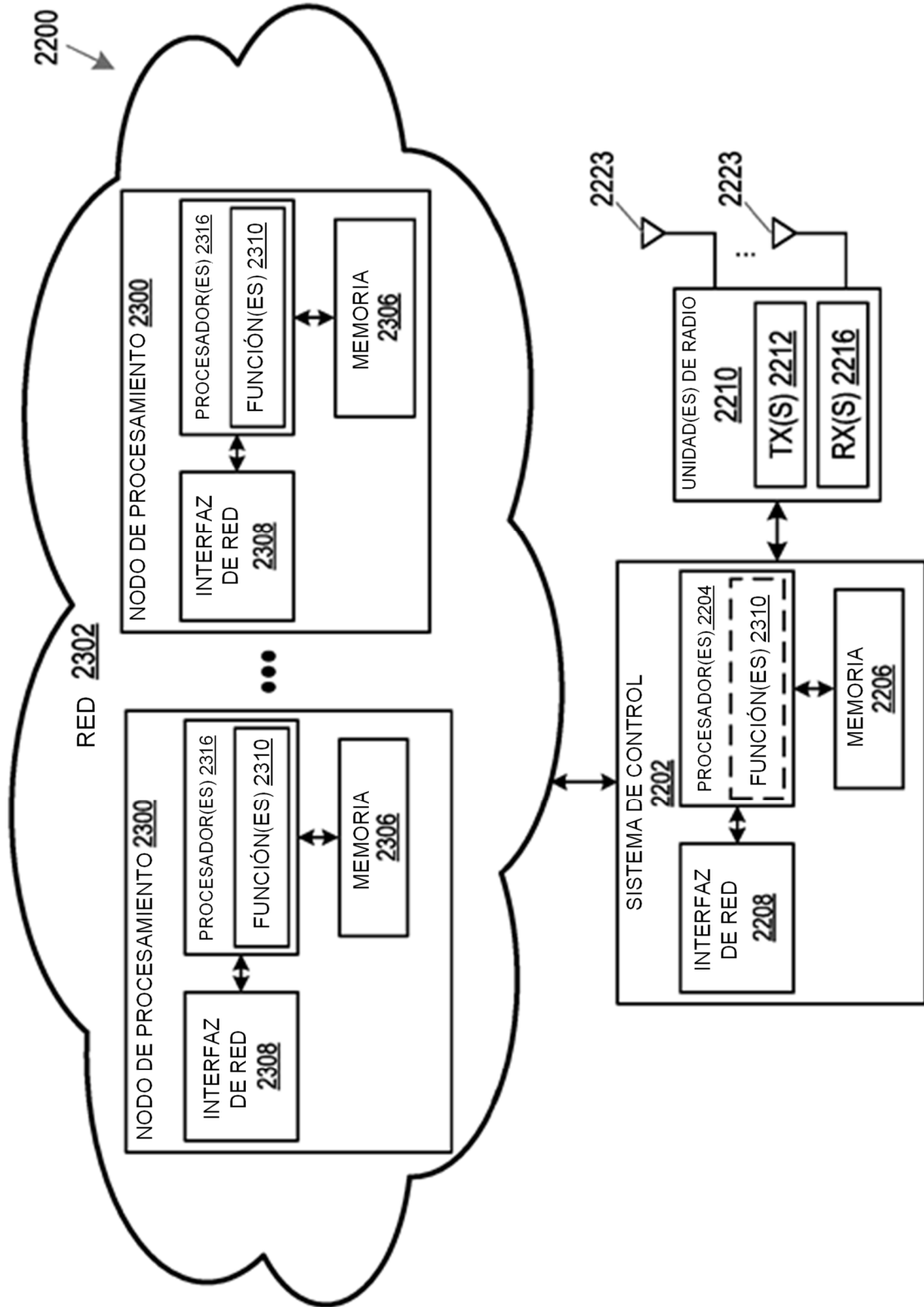


Fig. 23

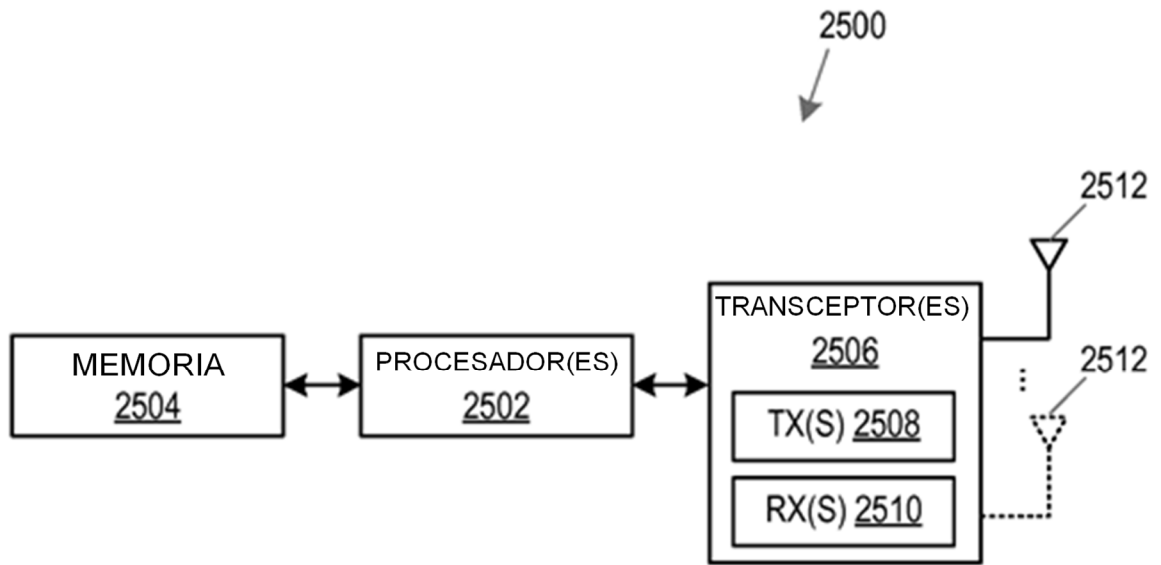


Fig. 25

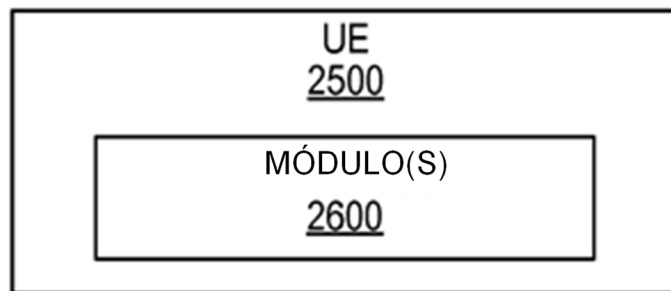


Fig. 26