

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 775 476**

51 Int. Cl.:

H04W 72/00	(2009.01)
H04W 28/00	(2009.01)
H04W 72/12	(2009.01)
H04L 1/00	(2006.01)
H04W 72/04	(2009.01)
H04W 28/02	(2009.01)
H04L 12/851	(2013.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **14.04.2016 PCT/IB2016/052141**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **24.08.2017 WO17141082**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.04.2016 E 16719525 (4)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.12.2019 EP 3284297**

54 Título: **Coexistencia mejorada de sesiones tolerantes al retardo y sesiones sensibles al retardo**

30 Prioridad:

18.02.2016 US 201662296937 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
27.07.2020

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**STEPHENNE, ALEX y
GHIMIRE, JAGADISH**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 775 476 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

Coexistencia mejorada de sesiones tolerantes al retardo y sesiones sensibles al retardo

Solicitudes Relacionadas

5 Esta solicitud reivindica el beneficio de la solicitud de patente provisional con número de serie 62/296,937, presentada el 18 de febrero de 2016.

Campo técnico

Esta invención se refiere a comunicación de tipo máquina (MTC, Machine-Type Communication) y, en particular, a facilitar la coexistencia de sesiones tolerantes al retardo y sesiones sensibles al retardo sobre MTC.

Antecedentes

10 Se pueden ofrecer servicios diferentes a través de una determinada red física inalámbrica. Dichos servicios pueden tener requisitos totalmente diferentes. Por ejemplo, el control remoto de máquinas de fabricación en entornos peligrosos puede estar asociado con una carga útil de información relativamente pequeña, pero la información tiene que ser recibida de manera extremadamente fiable y con una latencia ultra-baja. Este tipo de dispositivo se asocia con lo que se denomina comunicación de tipo máquina crítica (C-MTC, Critical Machine-Type Communication). La misma red física puede soportar asimismo conectividad masiva de dispositivos tales como un sensor de limpieza de la moqueta en algunas habitaciones de un sótano. Claramente, la comunicación de la información del sensor no es sensible al retardo y cae en la familia de MTC masiva (M-MTC, Massive MTC), no en la familia de C-MTC. Aún así, ambos servicios se podrían ofrecer a través de la misma red física utilizando un conjunto de recursos físicos. Claramente, sería deseable garantizar la alta fiabilidad de la comunicación C-MTC pudiendo al mismo tiempo soportar M-MTC. Un enfoque contemplado es separar y reservar algunos recursos de frecuencia, que estarían disponibles exclusivamente para el servicio de C-MTC, con el fin de poder controlar totalmente la disponibilidad de recursos para el servicio de C-MTC. Este enfoque se denomina a menudo troceado duro (del dominio de frecuencia, en este ejemplo).

25 Realizar troceado duro tiene sin embargo algunas desventajas. Por ejemplo, reduce la capacidad del sistema alcanzable conjunta (tipos de servicio C-MTC y otros, combinados). En último término, lo que se desearía es compartir los recursos completamente y gestionar eficientemente la priorización de servicios, garantizando al mismo tiempo algunos niveles de equidad, tal como puede describirse en un acuerdo de niveles de servicio preparado adecuadamente. De ese modo, si el sistema está bajo poca carga mediante todos los tipos de servicio, la compartición de recursos recurriría a troceado duro, pero cuando el sistema está sobrecargado, todos los recursos del sistema podrían ser accesibles por cualquier tipo de servicio. El acceso a todos los recursos por todos los servicios se denomina en la presente memoria troceado blando.

35 Realizar troceado blando no es sencillo. Las comunicaciones M-MTC pueden utilizar de manera efectiva intervalos de transmisión relativamente largos debido a repetición para mejorar la cobertura (es decir, múltiples repeticiones tienen como resultado un intervalo de transmisión efectivo, que es largo en comparación con un típico intervalo de transmisión cuando no se utilizan repeticiones), mientras que las comunicaciones C-MTC pueden utilizar habitualmente intervalos de transmisión muy cortos debido al carácter crítico del tiempo en las comunicaciones. Por lo tanto, si se planifican transmisiones M-MTC sobre la mayor parte de los recursos de frecuencia, harían de hecho que los recursos no estuvieran disponibles durante una duración inaceptablemente larga para algunas sesiones de C-MTC que necesitan acceso a recursos de corta duración pero inmediato. Garantizar un determinado nivel de calidad de servicio para tráfico C-MTC bajo dicho enfoque troceado blando es entonces muy difícil.

40 Por consiguiente, existe la necesidad de procedimientos para una coexistencia mejorada de sesiones tolerantes al retardo y sesiones sensibles al retardo. La patente US2016/037379 da a conocer una planificación de tráfico en redes inalámbricas que utiliza un planificador de red basado en predicción de localización, para permitir encaminamiento basado en predicción de localización para tráfico de UE obteniendo información de predicción y una predicción de recursos de red disponibles para los siguientes intervalos de tiempo, y determinando un valor de ponderación como un parámetro de prioridad.

Compendio

50 De acuerdo con un aspecto de la materia descrita en la presente memoria, se da a conocer un procedimiento de funcionamiento de un planificador implementado en un nodo de red de un sistema de comunicaciones celulares, tal como se define en la reivindicación 1. En una realización, el procedimiento comprende planificar una o varias transmisiones tolerantes al retardo mediante uno o varios respectivos dispositivos inalámbricos en una subtrama. Planificar dichas una o varias transmisiones tolerantes al retardo mediante dichos uno o varios dispositivos inalámbricos respectivos comprende, para cada dispositivo inalámbrico: identificar una serie de recursos disponibles en una subtrama y, para cada recurso disponible de la serie de recursos disponibles en la subtrama, determinar uno o varios parámetros de adaptación de enlace para el dispositivo inalámbrico para el recurso disponible en base a información que representa una perforación predicha de transmisiones tolerantes al retardo utilizando el recurso

disponible, para permitir la transmisión de transmisiones sensibles al retardo. En una realización, el procedimiento comprende además seleccionar uno de la serie de recursos disponibles en la subtrama para la transmisión tolerante al retardo del dispositivo inalámbrico, en base, por lo menos, a uno de dichos uno o varios parámetros de adaptación de enlace.

5 En una realización, el procedimiento comprende además planificar una o varias transmisiones sensibles al retardo mediante uno o varios respectivos dispositivos inalámbricos en la subtrama. En una realización, la serie de recursos disponibles para planificar la serie de transmisiones tolerantes al retardo no incluye recursos en los que las transmisiones sensibles al retardo son planificadas en la subtrama. En una realización, planificar dichas una o varias transmisiones sensibles al retardo en la subtrama comprende, para cada transmisión sensible al retardo a planificar
10 en la subtrama, determinar si hay recursos no utilizados en la subtrama, y si hay recursos no utilizados en la subtrama, seleccionar un recurso no utilizado como un recurso para la transmisión sensible al retardo mediante el dispositivo inalámbrico respectivo. Si no hay recursos no utilizados en la subtrama, se selecciona un recurso ya asignado a una transmisión tolerante al retardo, como el recurso para la transmisión sensible al retardo. En una
15 realización, seleccionar el recurso ya asignado a una transmisión tolerante al retardo como el recurso para la transmisión sensible al retardo comprende seleccionar uno de una serie de recursos en la subtrama que están ya asignados a transmisiones tolerantes al retardo, como el recurso para la transmisión sensible al retardo, en base a un criterio predefinido.

En una realización, el procedimiento comprende además determinar si un nivel de perforación para un recurso en la subtrama que está asignado a una transmisión tolerante al retardo es mayor que un umbral predeterminado y, en caso afirmativo, cancelar la transmisión tolerante al retardo.
20

De acuerdo con otro aspecto de la materia descrita en la presente memoria, se da a conocer un nodo de radio para una red de comunicaciones celulares, tal como se define en la reivindicación 13. En una realización, el nodo de radio comprende uno o varios transmisores, uno o varios receptores, uno o varios procesadores, y memoria que almacena instrucciones ejecutables por dichos uno o varios procesadores. El nodo de radio puede funcionar para planificar una
25 o varias transmisiones tolerantes al retardo mediante uno o varios respectivos dispositivos inalámbricos, en una subtrama. La planificación comprende, para cada dispositivo inalámbrico, identificar una serie de recursos disponibles en la subtrama y, para cada recurso disponible de la serie identificada de recursos disponibles, determinar uno o varios parámetros de adaptación de enlace para el dispositivo inalámbrico en base a información que representa una perforación predicha de transmisiones tolerantes al retardo utilizando el recurso disponible, con
30 el fin de permitir la transmisión de transmisiones sensibles al retardo.

En una realización, el nodo de radio puede funcionar además, mediante la ejecución de instrucciones por dichos uno o varios procesadores, para seleccionar uno de la serie identificada de recursos disponibles en la subtrama para la transmisión tolerante al retardo del dispositivo inalámbrico en base, por lo menos, a uno de dichos uno o varios parámetros de adaptación de enlace determinados. En una realización el nodo de radio puede funcionar además,
35 mediante la ejecución de instrucciones por dichos uno o varios procesadores, para planificar una o varias transmisiones sensibles al retardo mediante dichos uno o varios respectivos dispositivos inalámbricos en la subtrama. En una realización, la serie de recursos disponibles para planificar la serie de transmisiones tolerantes al retardo no incluye recursos en los que las transmisiones sensibles al retardo están planificadas en la subtrama.

En una realización, planificar dichas una o varias transmisiones sensibles al retardo en la subtrama comprende, para
40 cada transmisión sensible al retardo a planificar en la subtrama, determinar si existe algún recurso no utilizado en la subtrama. Si existen recursos no utilizados en la subtrama, el nodo de radio selecciona un recurso no utilizado como un recurso para la transmisión sensible al retardo mediante el respectivo dispositivo inalámbrico. Si no existen recursos no utilizados en la subtrama, el nodo de radio selecciona un recurso ya asignado a una transmisión tolerante al retardo, como el recurso para la transmisión sensible al retardo.

45 En una realización, seleccionar el recurso ya asignado a la transmisión tolerante al retardo como el recurso para la transmisión sensible al retardo comprende seleccionar uno de una serie de recursos en la subtrama que están ya asignados a transmisiones tolerantes al retardo, como el recurso para la transmisión sensible al retardo, en base a un criterio predefinido.

En una realización, el nodo de radio puede funcionar además, mediante la ejecución de instrucciones por dichos uno
50 o varios procesadores, para determinar si un nivel de perforación para un recurso en la subtrama que está asignado a una transmisión tolerante al retardo es mayor que un umbral predefinido y, en caso afirmativo, cancelar la transmisión tolerante al retardo.

Las soluciones acordes con algunas realizaciones de la presente invención pueden permitir una capacidad mejorada de redes virtuales que comparten los mismos recursos físicos para soportar sesiones críticas al retardo y sesiones tolerantes al retardo, con mejora de cobertura mediante repetición o mayores niveles de agregación.
55

Se prevé que el mercado de internet de las cosas (IoT, Internet of Things) crezca exponencialmente en el futuro inmediato, y los operadores móviles se están procurando soportar estos tipos de tráfico mixto con múltiples redes virtuales que comparten un determinado conjunto de recursos físicos. Las soluciones acordes con algunas realizaciones de la presente invención pueden facilitar este crecimiento.

Los expertos en la materia apreciarán el alcance de la presente invención, y obtendrán aspectos adicionales de la misma después de leer la siguiente descripción detallada de las realizaciones, junto con las figuras de dibujos adjuntas.

Breve descripción de los dibujos

5 Las figuras de dibujos adjuntas incorporadas a esta memoria descriptiva y que forman parte de la misma muestran varios aspectos de la invención y sirven, junto con la descripción, para explicar los principios de la invención.

La figura 1 muestra el concepto de una matriz de probabilidades de perforación (PPM, Puncturing Probability Matrix);

la figura 2 muestra un ejemplo no limitativo de un sistema de comunicaciones celulares, según una realización de la presente invención;

10 la figura 3 muestra un diagrama de bloques que ilustra un planificador y un generador PPM que funcionan para proporcionar funcionalidad, de acuerdo con realizaciones de la presente invención;

la figura 4 es un diagrama de flujo que muestra el funcionamiento del subproceso de planificación de transmisión de comunicación de tipo máquina crítica (C-MTC) del planificador de la figura 3, de acuerdo con algunas realizaciones de la presente invención;

15 la figura 5 es un diagrama de flujo que muestra el funcionamiento del subproceso existente de planificación de transmisión de comunicación de tipo máquina masiva (M-MTC) del planificador de la figura 3, según algunas realizaciones de la presente invención;

la figura 6 es un diagrama de flujo que muestra el funcionamiento del nuevo subproceso de planificación de transmisión M-MTC del planificador de la figura 3, según algunas realizaciones de la presente invención;

20 las figuras 7 y 8 son diagramas de bloques de una estación base, según algunas realizaciones de la presente invención; y

las figuras 9 y 10 son diagrama de bloques de un dispositivo inalámbrico, según algunas realizaciones de la presente invención;

25 la figura 11 es un diagrama de flujo que muestra un procedimiento de planificación y/o de adaptación de enlace en un transmisor, según algunas realizaciones de la presente invención; y

la figura 12 es un diagrama de flujo que muestra un procedimiento de reutilización de subconjuntos de recursos asignados a comunicación tolerante al retardo, según algunas realizaciones de la presente invención.

Descripción detallada

30 Las realizaciones expuestas a continuación representan información para capacitar a los expertos en la materia para practicar las realizaciones, y muestran el mejor modo de practicar las realizaciones. Tras leer la siguiente descripción a la luz de las figuras de dibujos adjuntas, los expertos en la materia comprenderán los conceptos de la invención y reconocerán aplicaciones de estos conceptos no tratadas en particular en la presente memoria. Se debe entender que estos conceptos y aplicaciones quedarán dentro del alcance de la invención y de las reivindicaciones adjuntas.

35 Esta invención se refiere a comunicación de tipo máquina (MTC), y en particular, a habilitar la coexistencia de sesiones tolerantes al retardo y sesiones sensibles al retardo sobre MTC, que se denominan en la presente memoria, respectivamente, comunicación de tipo máquina masiva (M-MTC) y comunicación de tipo máquina crítica (C-MTC). Más particularmente, esta invención se refiere a mejora de cobertura (CE, Coverage Enhancement) por medio de adaptación de enlace, donde adaptación de enlace puede incluir, sin limitación, cualquiera o una

40 combinación de acciones tales como ajustar o modificar controles de potencia, modulación y codificación, y repetición, etc. La repetición de la información es una técnica principal para conseguir mejoras de cobertura. Se puede utilizar para todos los canales físicos disponibles para dispositivos de equipo de usuario (UE, User Equipment) de cobertura mejorada, tales como el canal físico de control de enlace descendente apto para MTC (M-PDCCH, MTC-capable Physical Downlink Control Channel), el canal físico de difusión (PBCH, Physical Broadcast Channel), el canal físico compartido de enlace descendente (PDSCH, Physical Downlink Shared Channel), el canal físico de control de enlace ascendente (PUCCH, Physical Uplink Control Channel), el canal físico compartido de enlace ascendente (PUSCH, Physical Uplink Shared Channel) y el canal físico de acceso aleatorio (PRACH, Physical Random Access Channel) y cualesquiera otros canales que puedan funcionar de manera similar. En algunos aspectos de dicha técnica de repetición, se repite información sobre múltiples recursos de transmisión, tales

45 como intervalos de tiempo de transmisión (TTI, Transmit Time Intervals), para cada transmisión. Para seleccionar la adaptación de enlace apropiada, se pueden considerar varios factores, incluyendo predicción de actividad de tráfico estadística, especialmente con el objetivo de predecir la probabilidad de perforar/sobrescribir unos pocos recursos asignados a tráfico tolerante a latencia, con mejora de cobertura por medio de repetición, para reasignarlos a tráfico más crítico al retardo. Los conceptos descritos en la presente memoria se pueden aplicar a sistemas tanto de dúplex

por división de frecuencia (FDD, Frequency Division Duplex) como de dúplex por división de tiempo (TDD, Time Division Duplex) flexible dinámico.

5 Tal como se utiliza en la presente memoria, un "nodo de radio" es un nodo de acceso radio o un dispositivo inalámbrico. Un nodo de radio puede estar centralizado en un único emplazamiento físico o distribuido a través de múltiples emplazamientos físicos.

10 Tal como se utiliza en la presente memoria, un "nodo de acceso radio" es cualquier nodo en una red de acceso radio de una red de comunicaciones celulares que funciona para transmitir y/o recibir señales de forma inalámbrica. Algunos ejemplos de un nodo de acceso radio incluyen, de forma no limitativa, una estación base (por ejemplo, un nodo B mejorado o evolucionado (eNB) en una red de evolución a largo plazo (LTE, Long Term Evolution) del proyecto de asociación de tercera generación (3GPP, Third Generation Partnership Project)), una estación base de alta potencia o macro, una estación base de baja potencia (por ejemplo, una estación base micro, una estación base pico, un eNB local o similares), un nodo de retransmisión, un punto de acceso.

15 Tal como se utiliza en la presente memoria, un "dispositivo inalámbrico" es cualquier tipo de dispositivo que tiene acceso (es decir, está servido por) una red de comunicaciones celulares mediante transmitir y/o recibir de forma inalámbrica señales a uno o varios nodos de acceso radio. Algunos ejemplos de un dispositivo inalámbrico incluyen, de forma no limitativa, un UE en una red LTE 3GPP y un dispositivo MTC.

Tal como se utiliza en la presente memoria, un "nodo de red" es cualquier nodo que sea parte de la red de acceso radio o de la red central de una red/sistema de comunicaciones celulares. Un nodo de red puede estar centralizado en un único emplazamiento físico o distribuido a través de múltiples emplazamientos físicos.

20 Se debe observar que la descripción proporcionada en la presente memoria se centra en un sistema de comunicaciones celulares LTE 3GPP (o generación futura de un sistema de comunicaciones celulares LTE 3GPP) y, como tal, se utiliza a menudo terminología LTE 3GPP o terminología similar a la terminología LTE 3GPP. Sin embargo, los conceptos dados a conocer en la presente memoria no se limitan a un sistema LTE 3GPP.

25 Se debe observar que, en la descripción de la presente memoria, se puede hacer referencia al término "celda". Sin embargo, particularmente con respecto a conceptos de quinta generación (5G), se pueden utilizar haces en lugar de celdas y, como tal, es importante observar que los conceptos descritos en la presente memoria son igualmente aplicables tanto a celdas como a haces.

30 Se ha observado anteriormente que realizar troceado duro tiene desventajas y realizar troceado blando no es sencillo. Habitualmente, sería necesario imponer algunas garantías a nivel de servicio para los servicios de C-MTC y de M-MTC que funcionan bajo un enfoque de troceado blando. Para C-MTC, siempre que el perfil de tráfico cumpla determinados criterios (en relación con el número de sesiones, cargas útiles de sesión y distribuciones de sesión en tiempo/frecuencia/espacio, etc.), se garantiza acceso de baja latencia. Esto se podría traducir en acceso "instantáneo" a todos los recursos de radio de la celda gestionada con troceado blando, para un determinado intervalo de tiempo pequeño, pero siempre garantizaría que se proporciona M-MTC, en promedio, con una fracción promediada a largo plazo, acordada, de los recursos radioeléctricos. Con una carga de M-MTC alta y tráfico de C-MTC de ráfagas sustancial pero impredecible, el beneficio de poder perforar tráfico de M-MTC para acomodar tráfico de C-MTC resulta obvio para maximizar la capacidad de sistema.

40 Compartir recursos físicos para múltiples tipos de servicio con diferentes niveles de tolerancia de latencia y repeticiones, es incluso más difícil en un sistema de banda única TDD dinámico. Para un sistema de este tipo, para planificar una transmisión C-MTC de enlace ascendente o de enlace descendente, será necesario perforar una transmisión M-MTC.

45 Si se perfora una transmisión M-MTC de enlace descendente, se podría perjudicar la transmisión de enlace descendente, lo que tendría como resultado una transmisión de enlace descendente fallida. Por ejemplo, para un dispositivo M-MTC de baja potencia, puede ser necesario enviar la misma transmisión de enlace descendente al dispositivo M-MTC varias veces para garantizar que la transmisión es recibida correctamente por dicho dispositivo M-MTC. Perforar una transmisión repetitiva de este tipo para el dispositivo M-MTC reduce el número de copias de la transmisión recibidas por dicho dispositivo M-MTC, lo que podría conducir a que la transmisión de enlace descendente no tenga éxito a la postre, debido a que el dispositivo M-MTC no haya tenido datos suficientes con los que determinar o reconstruir la transmisión de enlace descendente prevista.

50 Si se perfora una transmisión M-MTC de enlace ascendente, esto plantea nuevas dificultades. Por ejemplo, para un dispositivo M-MTC de baja potencia, que se pueda conceder al dispositivo M-MTC permiso para enviar una transmisión de enlace ascendente múltiples veces sin tener que recibir cada vez una concesión explícita de enlace ascendente. Dicho dispositivo puede enviar repetidamente una transmisión de enlace ascendente sin esperar -o incluso escuchando- una concesión de enlace ascendente, y por lo tanto puede no haber forma de notificar a dicho dispositivo que debería pausar su transmisión de enlace ascendente de manera que una transmisión C-MTC pueda ocupar dichos recursos. En este escenario, el C-MTC puede enviar una transmisión de enlace descendente mientras el M-MTC sigue enviando a ciegas su transmisión de enlace ascendente utilizando los mismos recursos. La

interferencia resultante podría tener como resultado una transmisión M-MTC fallida y, quizás, incluso también una transmisión C-MTC fallida.

Anticipando este escenario, la transmisión M-MTC de enlace ascendente con mucha interferencia puede configurarse de tal modo que su adaptación de enlace/control de potencia se adapte al nivel probabilístico predicho de perforación efectiva, por ejemplo, anticipando que un subconjunto del recurso estará dominado por ruido (es decir, la transmisión C-MTC interferente) y, por lo tanto, estará, de manera efectiva, casi perforado entre el conjunto de recursos que pueden ser utilizados para detectar adecuadamente el mensaje. Tal como se describirá en mayor detalle a continuación, esta adaptación puede incluir, sin limitación, cualquiera o una combinación de cualesquiera de acciones tales como aumentar el número de repeticiones, cambiar a una codificación/modulación más robusta, realizar ajustes en la potencia de transmisión, etc.

Para adaptar la adaptación de enlace/nivel de potencia, a un nivel predicho de nivel de la perforación efectiva (es decir, real; que ocurre realmente frente a predicho), primero es necesario poder predecir dicho nivel. Si se conociera previamente el patrón de transmisiones C-MTC, y el patrón TDD asociado con las transmisiones, se podría conocer, con una probabilidad del 100 %, el nivel de perforación que se aplicaría las transmisiones M-MTC a medida que se les asigna recursos. Lamentablemente, las transmisiones C-MTC no siempre están "previamente planificadas", y el patrón TDD puede en ocasiones ser completamente flexible y adaptarse a requisitos de transmisión que son desconocidos por adelantado. Por consiguiente, existe una necesidad de predecir las características estadísticas asociadas con el patrón de perforación efectivo. Para ello, se puede intentar directamente obtener un modelo estadístico para el patrón de perforación en base a registros históricos. Se puede asimismo atacar la modelización del patrón de transmisión de los diferentes servicios y el patrón de transmisión de duplexación asociado, o cualquier otro factor que pudiera incidir en el patrón de perforación, e intentar conseguir un modelo estadístico para dichos patrones, que puede a continuación mapearse a un modelo estadístico para los niveles de perforación.

Tal como se ha descrito anteriormente, la coexistencia de diferentes tipos de tráfico con diferente sensibilidad de retardo y diferente duración de asignación de recursos es difícil con troceado blando, debido a que puede impedir que las sesiones críticas al retardo tengan acceso inmediato a recursos, y el troceado duro puede conducir a ineficiencias de troncalización.

En sistemas TDD dinámicos, se tienen asimismo problemas asociados con el hecho de que las transmisiones M-MTC de enlace descendente pueden tener que ser interrumpidas o canceladas mediante una transmisión C-MTC de enlace ascendente, y una recepción de M-MTC de enlace ascendente planificada puede fallar debido a una transmisión C-MTC de enlace descendente urgente planificada a continuación (por no mencionar que la recepción de esta misma transmisión C-MTC de enlace descendente puede asimismo recibir interferencia de la transmisión M-MTC de enlace ascendente).

La "perforación" es atractiva, pero limitarse a realizar perforación puede conducir a una recepción que ya no sea posible detectar con éxito.

Basándose en lo anterior, los sistemas y procedimientos según las realizaciones dadas a conocer en la presente memoria se refieren a permitir que las sesiones críticas al retardo tengan acceso inmediato a parte de los recursos ya asignados a una sesión tolerante al retardo. En algunas realizaciones, la hipótesis es que algunas de dichas sesiones tolerantes al retardo serán asignadas a un conjunto de recursos relativamente grande, debido a la cobertura (por ejemplo, para mejorar la probabilidad de comunicación satisfactoria a pesar de una señal débil debido al ruido y/o a la distancia). Este mayor conjunto de recursos adoptaría la forma de repetición o agregación de los datos sobre un gran conjunto que habría sido requerido para comunicación efectiva sobre un intervalo más corto. Este nivel aumentado de agregación o de repetición se puede configurar como parte de la adaptación de enlace. Otras partes de la adaptación de enlace incluyen la elección de un orden de modulación, tasa de codificación y nivel de potencia apropiados. De acuerdo con algunas realizaciones de la presente invención, se propone adaptar la adaptación de enlace en respuesta a (por ejemplo, para compensar) un nivel predicho de perforación de los recursos asignados a la transmisión tolerante al retardo. Esta perforación se puede realizar con el objetivo de obtener acomodo en una o varias transmisiones asociadas con sesiones críticas al retardo. Dichos recursos perforados se pueden asociar con una contribución de solamente ruido en el procedimiento de combinación de repetición del receptor, que podría utilizar, por ejemplo, un procedimiento de combinación blanda de redundancia incremental similar al que se utiliza en solicitud de repetición automática híbrida (HARQ, Hybrid Automatic Repeat Request). De este modo, se puede seleccionar un nivel de repetición y/o un nivel de potencia superior conservador y/o un nivel de esquema de modulación y codificación (MCS, Modulation and Coding Scheme) conservador, y/o cualesquiera otros atributos de adaptación de enlace conservadores (es decir, más robustos), en base a la probabilidad predicha de "perforación" de recursos.

En algunas realizaciones, un objetivo es poder acomodar tráfico crítico al retardo con la mínima perturbación sobre el tráfico tolerante al retardo, para minimizar el impacto, por ejemplo, sobre la vida de la batería de los dispositivos involucrados en las transmisiones/recepciones asociadas con las sesiones insensibles al retardo.

En algunas realizaciones, una hipótesis es que el sistema puede predecir la probabilidad de que elementos de recurso individuales (entidad mínima de recurso de planificación) sean reasignados a sesiones críticas al retardo, o sean inutilizables debido a sesiones críticas al retardo (por ejemplo, tiempo de guarda para cambio de duplexación

5 activado para sesiones críticas al retardo). Se debe observar que las probabilidades conjuntas entre elementos de recursos son a menudo de interés, y deberían predecirse. Como un ejemplo, si a menudo se asigna sesiones críticas al retardo a más de un elemento de recurso, la probabilidad de que un elemento sea utilizado dado que un elemento en el segmento de frecuencia adyacente será también utilizado puede ser diferente de la probabilidad de que se utilice este mismo elemento cuando se tiene que el mismo elemento en el segmento de frecuencia adyacente no será utilizado. La predicción puede requerir la utilización de matrices multidimensionales que caracterizarían la probabilidad conjunta estimada que un elemento de recurso necesita para ser perforado en el futuro. El conjunto puede cubrir todas las dimensiones de planificación (tiempo, frecuencia, códigos de ensanchamiento, precodificadores espaciales, etc.). Puede ser necesario considerar conjuntamente la probabilidad de perforar elementos, si la probabilidad de que un elemento de recurso sea reasignado a una transmisión más urgente/importante depende de la probabilidad de que otro elemento haya sido ya reasignado a esa misma transmisión más urgente/importante, o a otra diferente.

10 Las realizaciones de la presente invención abarcan asimismo disposiciones para interrumpir transmisiones asociadas con sesiones tolerantes al retardo en caso de que el nivel real de perforación rebase el que se ha predicho y utilizado en la adaptación de enlace. Si la perforación pone la relación señal/ruido más interferencia (SINR, Interference plus Noise Ratio) después de la agregación en el receptor a un nivel que se considera insuficiente, se puede cancelar cualquier parte restante de la transmisión que sea posible cancelar. De este modo, el planificador puede estimar constantemente el nivel de perforación real asociado con la sesión tolerante al retardo, y puede intentar asegurarse de que se mantiene menor o igual que el aceptable, en base al ajuste de adaptación de enlace que se utilizó al configurar la transmisión y puede, como último recurso, cancelar lo que aún se pueda cancelar, si comprueba que el nivel real de perforación rebasa el que produciría una detección satisfactoria con un nivel de confianza aceptable.

15 Las realizaciones de la presente invención abarcan asimismo un aspecto asociado: puede ser necesario que la planificación de las sesiones críticas al retardo sea controlada por el planificador para minimizar el impacto en las sesiones tolerantes al retardo, dada la adaptación de enlace que se utilizó, dado el nivel de perforación del peor caso predicho que se esperaba. El planificador puede intentar dispersar la perforación a diferentes sesiones tolerantes al retardo en un intento de mantener probabilidades igualmente altas de detección adecuada para todas estas pero, si la carga de las sesiones críticas al retardo es demasiado alta, de tal modo que la probabilidad de error en la detección se hace demasiado alta globalmente para todas las sesiones tolerantes al retardo perforadas, puede conmutar a un modo de funcionamiento para el que se perturban unas pocas sesiones tolerantes al retardo. Si la predicción de perforación era adecuada, la perforación deberá ser "absorbida" por la adaptación de enlace pero, si la perforación se infraestimó, la perforación deberá focalizarse en las mínimas sesiones posibles, que pueden entonces ser canceladas. Y si la perforación se sobreestimó, el esquema puede tener como resultado una adaptación de enlace ligeramente poco agresiva, que se puede traducir en una ligera degradación de la eficiencia espectral de los recursos utilizados para las sesiones tolerantes al retardo.

20 De acuerdo con algunas realizaciones, la presente invención propone permitir que los recursos asignados para sesiones tolerantes al retardo se reasignen (perforen) para sesiones críticas al retardo, pero adapta la adaptación de enlace de la sesión tolerante al retardo perforada, en base a un nivel predicho de perforación, que está asociado con el perfil estimado de tráfico crítico al retardo. Por lo tanto, algunas realizaciones de la presente invención se refieren a una o más de:

- Estimación de perforación: estimar la probabilidad de que se reasignen (perforen) recursos de sesiones tolerantes al retardo para sesiones críticas al retardo;
- Adaptación de enlace adaptada: aplicar un mecanismo para modificar el mecanismo de adaptación de enlace "normal" de las sesiones tolerantes al retardo para compensar un nivel predicho de perforación;
- 45 • Perforación distribuida: dispersar la perforación a través de más sesiones tolerantes al retardo (un criterio para la planificación de las sesiones críticas al retardo puede ser intentar perforar las sesiones tolerantes al retardo con el fin de mantener el nivel de perforación de las sesiones tolerantes al retardo a un nivel por debajo de lo que es aceptable dada la adaptación de enlace modificada); y
- 50 • Perforación focalizada: si la perforación distribuida perjudica demasiadas sesiones tolerantes al retardo, perforar las mínimas sesiones tolerantes al retardo posibles. Dichas sesiones tolerantes al retardo se pueden cancelar y la totalidad de sus recursos utilizarse para perforación. Un criterio para que una entidad de red, tal como un planificador, focalice cualquier perforación adicional puede ser si el nivel de perforación es ya máximo comparado con el previsto en la adaptación de enlace de las sesiones tolerantes al retardo. En tal caso, la decisión puede ser perforar las mínimas sesiones tolerantes al retardo posibles. De acuerdo con otras realizaciones, los datos que aún tienen que ser transmitidos a dichas pocas sesiones sacrificadas son asimismo cancelados, si la probabilidad de detección es demasiado baja.

55 A continuación, se da a conocer una realización ilustrativa para la presente invención.

Realización ilustrativa

Con fines ilustrativos, se asume que los recursos radioeléctricos planificables en un sistema forman una cuadrícula de tiempo-frecuencia, donde la unidad de planificación en el tiempo se denomina subtrama y la unidad de planificación en frecuencia se denomina un bloque de recursos (RB, Resource Block). El sistema considerado es FDD. Esta realización se centra en transmisiones de enlace descendente.

Matriz de probabilidades de perforación (PPM)

La figura 1 muestra una matriz de probabilidades de perforación (PPM) a modo de ejemplo y un estimador de PPM, de acuerdo con una realización de la materia descrita en la presente memoria. Para simplificar la presentación, se supone que cada unidad de recurso estará asociada con una probabilidad de perforación independiente de otras unidades de recurso. Dicha hipótesis puede ser razonable en escenarios donde una ráfaga de C-MTC utiliza una sola unidad de recurso. En ese caso, la probabilidad de perforación se puede representar por la PPM, tal como se muestra en la figura 1. Un elemento de PPM corresponde a la probabilidad de que una unidad de recurso particular sea perforada por tráfico C-MTC.

En algunas realizaciones, el estimador de PPM puede obtener, como entrada, la siguiente información: información de planificación para el tráfico de C-MTC, y estadísticas de tráfico de C-MTC. Como salida, calcula la PPM, que proporciona la probabilidad de que sea perforada una unidad de recurso particular en la cuadrícula de recursos de las subtramas entrantes. La figura 1 muestra dos ejemplos, con y sin planificación previa de C-MTC. En el ejemplo 1, no está soportada la planificación previa de tráfico de C-MTC. En tal caso, las probabilidades de perforación $\{p_i\}$ se pueden calcular en base a la tasa de llegada de ráfagas de tráfico de C-MTC. Por ejemplo, si la asignación de recursos de ráfagas de tráfico de C-MTC no sigue ninguna preferencia (un ejemplo de dicha preferencia puede ser asignar tráfico de C-MTC desde los RB en un orden particular), las probabilidades se pueden aproximar como $p_i = p$, donde p es la utilización promedio de recursos debida a tráfico de C-MTC. Si la asignación de recursos para tráfico de C-MTC sigue un orden de preferencias, estas probabilidades pueden ser diferentes. En el ejemplo 2, las transmisiones C-MTC son planificadas previamente en subtramas posteriores en determinados RB que corresponden a una probabilidad de perforación de 1. Las probabilidades de perforación $\{p_i\}$ en este caso se calculan en base a la tasa de llegada de ráfagas de tráfico de C-MTC, a la información de planificación y a la preferencia de asignación de recursos, si la hay. Utilizar la información extra de recursos planificados previamente mejora la estimación de la PPM y, por lo tanto, conduce a una mejor adaptación de enlace. Mientras se presenta el bucle de planificación a continuación, se mostrará como se puede utilizar PPM para mejorar la coexistencia C-MTC/M-MTC.

Bucle de planificación como un habilitador de coexistencia mejorada C-MTC/M-MTC

Se realizan las siguientes hipótesis acerca del sistema considerado y se presenta una realización de la presente invención para este sistema. Estas hipótesis se adoptan para simplificar la presentación, pero la materia descrita en la presente memoria no se limita a las mismas.

- La transmisión M-MTC se puede planificar con repetición en el tiempo para mejora de cobertura. Por otra parte, las transmisiones C-MTC se planifican para una subtrama cada vez. Sin pérdida de generalidad, se supone asimismo que una transmisión C-MTC o M-MTC ocupa exactamente un RB (es decir, una unidad en términos de recurso de frecuencia).
- Las políticas de asignación de recursos no tienen un orden de preferencia en términos de asignación de RB para un tipo de tráfico particular.
- Para simplificar más la presentación, se supone que no se utiliza planificación hacia delante, en la que una ráfaga es planificada en un RB en una subtrama futura, y por lo tanto cualquier ráfaga, si es planificada, se planifica en un recurso de la subtrama actual. La realización presentada se puede extender fácilmente cuando se habilita planificación hacia delante.

El planificador mantiene internamente los datos siguientes:

- Lista de transmisiones M-MTC en curso junto con la siguiente información para cada una de estas: las variables de planificación y decisión de adaptación de enlace (esquema de modulación y codificación, potencia de transmisión, nivel de repetición), el número estimado de perforaciones calculado durante la adaptación de enlace, y el número acumulado de perforaciones que ya se han producido; y

- La matriz de probabilidades de perforación.

El planificador recibe, como entrada, lo siguiente al comienzo de cada bucle de planificación (lo que ocurre junto antes del comienzo de una nueva subtrama): a) una lista de nuevas transmisiones M-MTC cuya planificación se requiere (Ω_M), b) una lista de nuevas transmisiones C-MTC cuya planificación se requiere (Ω_C), (c) SINR por UE desde el procesador de retroalimentación de canal (SINR[UE1], SINR[UE2], etc.), y d) ajustes SINR desde el procesador de retroalimentación HARQ (ajuste[UE1], ajuste[UE2], etc.).

ES 2 775 476 T3

El bucle de planificación se puede describir con el siguiente pseudocódigo. Se debe observar que el pseudocódigo comprende tres bucles secundarios ejecutados en el orden especificado.

1) Bucle secundario para nuevas transmisiones C-MTC

Para cada (C-MTC) UE en Ω_C :

```
5      //Adaptación enlace
      Determina MCS y potencia de transmisión p;
      MCS [UE], p [UE] = f (SINR[UE] + ajuste [UE]) donde f (.) es un mapeo configurado de SINR a MCS y
      potencia de transmisión;

10     //Asignación de recursos
      Selecciona un bloque de recursos en la subtrama actual en base a algún criterio de selección; //Se
      proporciona un ejemplo más adelante
      Si la asignación de recursos es satisfactoria:
          Transmitir el C-MTC en el bloque de recursos elegido;
15     Fin Si
      Si la asignación de recursos perfora un M-MTC en curso:
          Actualizar número acumulado de perforaciones para el M-MTC;
          Si el nivel de perforación para el M-MTC supera el número estimado de perforaciones calculado
          durante la adaptación de enlace más un margen:
20             Eliminar la transmisión de M-MTC de la lista de transmisiones de M-MTC entrantes;
          Fin Si
      Fin Si
      Actualizar PPM
Fin Para
```

25 2) Bucle secundario para transmisiones M-MTC en curso

Para cada transmisión M-MTC en curso:

Si el bloque de recursos asignado a esta M-MTC no está perforado en la subtrama actual:

Transmitir el bloque de recursos asignado;

Fin Si

30 Fin Para

3) Bucle secundario para nuevas transmisiones M-MTC

Para cada (M-MTC) UE en Ω_M :

Encontrar la lista de bloques de recursos disponibles (es decir, no utilizados por ninguna transmisión anterior en la subtrama actual);

35 Para cada bloque de recursos RB disponible:

//Adaptación enlace

Determina MCS, transmitir potencia p y nivel de repetición, así como el número estimado de perforaciones;

nivelRepeticiónNominal [UE, RB], MCS[UE, RB],

40 potencia [UE, RB] = f1(SINR [UE, RB] + ajuste [UE, RB])

nivelRepeticiónReal [UE, RB],
 NrdePerforacionesEstimado [UE, RB] =
 g(nivelRepeticiónNominal [UE, RB], PPM);
 //fi(.) y g(.) Son mapeos configurados previamente.

5 Fin Para

//Asignación de recursos

Selecciona un bloque de recursos disponible que requiere el número más pequeño de repeticiones;

Si la asignación de recursos es satisfactoria:

Transmitir en el bloque de recursos seleccionado;

10 Añadir esta transmisión a la lista interna del planificador de transmisiones de M-MTC en curso junto con información asociada;

Fin Si

Fin Para

Lo siguiente es un ejemplo de un criterio de selección de RB para transmisión C-MTC:

- 15
- No elegir un RB ya elegido para otra C-MTC.
 - Preferir un RB vacío a un RB asignado a una transmisión M-MTC en curso.
 - Si no hay disponible ningún RB vacío, perforar un RB de una transmisión M-MTC en curso que tiene el valor más bajo de la relación del número acumulado de perforaciones que ya se han producido frente al número estimado de perforaciones calculado durante la adaptación de enlace.

20 **Ejemplo de arquitectura de sistema y funcionamiento**

Las realizaciones de la presente invención se implementan en un sistema, o red, de comunicaciones celulares. Se muestra un ejemplo no limitativo de un sistema de comunicaciones celulares 10 en la figura 2.

25 La figura 2 muestra un sistema de comunicaciones celulares 10 a modo de ejemplo, que tiene un planificador implementado en un nodo de red, de acuerdo con una realización de la materia descrita en la presente memoria. En la realización mostrada en la figura 2, el sistema de comunicaciones celulares 10 incluye una red de acceso radio (RAN, Radio Access Network) 12 que incluye una serie de nodos de acceso radio, que en este ejemplo mostrado son estaciones base 14. En LTE 3GPP, las estaciones base 14 pueden ser, por ejemplo, eNB o estaciones base de baja potencia (por ejemplo, estaciones base pico, micro, femto o domésticas). Las estaciones base 14 tienen celdas 16 que proporcionan acceso radio a dispositivos inalámbricos 18 (por ejemplo, UE) en correspondientes celdas 16 de las estaciones base 14. Se debe observar que aunque se muestran celdas 16 en el ejemplo de la figura 2, en otras realizaciones, las estaciones base 14 pueden transmitir sobre múltiples haces. En este ejemplo, las estaciones base 14 comunican por medio de una conexión X2 (o, más generalmente, una conexión de estación base a estación base). Además, las estaciones base 14 están conectadas a una red central 20, que incluye varios nodos de red centrales tales como, por ejemplo, una o varias entidades de gestión de movilidad (MME, Mobility Management Entities) 22, una o varias pasarelas de servicio (S-GW) 24 y una o varias pasarelas de redes de datos de paquetes (P-GW) 26.

35 Los dispositivos inalámbricos 18 incluyen dispositivos inalámbricos sensibles al retardo 18 (por ejemplo, dispositivos C-MTC) y dispositivos inalámbricos tolerantes al retardo 18 (por ejemplo, dispositivos M-MTC).

40 La figura 3 es un diagrama de bloques que muestra un planificador 28 y un generador de PPM 30 que funciona para proporcionar funcionalidad según realizaciones de la presente invención. En algunas realizaciones, el planificador 28 está implementado dentro de la estación base 14 (o, más generalmente, dentro de un nodo de acceso radio). El planificador 28 se puede implementar en software que está almacenado, por ejemplo, en memoria y es ejecutado por uno o varios procesadores (por ejemplo, una o varias unidades centrales de procesamiento (CPU, Central Processing Unit), uno o varios circuitos integrados de aplicación específica (ASIC, Application Specific Integrated Circuit), una o varias matrices de puertas programables in situ (FPGA, Field Programmable Gate Arrays) y/o similares) de la estación base 14 (o, más generalmente, de un nodo de acceso radio). El generador de PPM 30 se puede implementar en la estación base 14 o en algún otro nodo de red. En algunas realizaciones, el generador de PPM 30 se implementa en software que está almacenado, por ejemplo, en memoria y es ejecutado por uno o varios procesadores del nodo de red.

El generador de PPM 30 funciona para generar una PPM que representa un modelo estadístico de la probabilidad de que se perforen recursos individuales (es decir, se reasignen a sesiones críticas al retardo, por ejemplo, sesiones de C-MTC), tal como se ha descrito anteriormente. Se debe observar que una PPM es solamente una representación de ejemplo del modelo estadístico. El modelo estadístico puede variar en función de la implementación particular.

El planificador 28 incluye un nuevo subproceso de planificación de transmisión C-MTC 32, un subproceso existente de planificación de transmisión M-MTC 34 y un nuevo subproceso de planificación de transmisión M-MTC 36. Una nueva transmisión es una transmisión que llega en la subtrama actual. Este término aplica a transmisiones tanto de C-MTC como de M-MTC. Una transmisión existente es una transmisión que llega en una subtrama anterior pero sigue transmitiéndose debido a repetición. Cuando no se repiten transmisiones C-MTC, este término aplicaría solamente a transmisiones M-MTC. (Una nueva transmisión C-MTC en una determinada subtrama se transmite en dicha subtrama sin repetición.)

La figura 4 es un diagrama de flujo que muestra el funcionamiento del nuevo subproceso de planificación de transmisión C-MTC 32 del planificador 28 de la figura 3, según algunas realizaciones de la presente invención. Tal como se muestra, cuando se planifica la subtrama actual, el nuevo subproceso de planificación de transmisión C-MTC 32 ajusta un índice i a un valor inicial, que en este ejemplo es 1 (etapa 100). El índice i es un índice a una lista de dispositivos inalámbricos 18 para los que se tienen que planificar transmisiones C-MTC en la subtrama actual. Este conjunto de dispositivos inalámbricos 18 se denomina Ω_C en el pseudocódigo para la realización ilustrativa anterior y, como tal, se nombra igualmente aquí.

El nuevo subproceso de planificación de transmisión C-MTC 32 determina si existen recursos no utilizados en la subtrama actual (etapa 102). En caso afirmativo, el nuevo subproceso de planificación de transmisión C-MTC 32 selecciona un recurso no utilizado en la subtrama actual para la transmisión C-MTC para el UE_i (etapa 104), y el proceso avanza a continuación a la etapa 114. Sin embargo, si no hay ningún recurso no utilizado en la subtrama actual, el nuevo subproceso de planificación de transmisión C-MTC 32 selecciona un recurso para la transmisión C-MTC para el UE_i entre aquellos recursos en la subtrama actual que han sido ya asignados a una sesión/transmisión M-MTC existente (etapa 106). En otras palabras, el nuevo subproceso de planificación de transmisión C-MTC 32 selecciona un recurso que perforará una sesión/transmisión M-MTC existente. El subproceso de planificación de transmisión C-MTC 32 puede utilizar cualesquiera criterios adecuados para adoptar la selección en la etapa 106. Un ejemplo de conjunto de criterios es el siguiente:

No elegir un recurso ya elegido para otra C-MTC. Preferir un recurso vacío a un recurso asignado a una transmisión M-MTC en curso. Si no hay disponible ningún recurso vacío, perforar un recurso de una transmisión M-MTC en curso que tiene el valor más pequeño de la relación entre el número acumulado de perforaciones que ya se han producido y el número estimado de perforaciones calculado durante la adaptación de enlace.

Cabe señalar, sin embargo, que el conjunto de criterios proporcionado anteriormente es solamente un ejemplo. El nuevo subproceso de planificación de transmisión C-MTC 32 actualiza un número acumulado de perforaciones para el recurso seleccionado (etapa 108).

En algunas realizaciones, el nuevo subproceso de planificación de transmisión C-MTC 32 determina si el nivel de perforación para el recurso seleccionado es demasiado alto (por ejemplo, por encima de algún umbral predefinido tal como, por ejemplo, el nivel previsto de perforación más un margen predefinido) (etapa 110). Si no, el proceso avanza a la etapa 114. Sin embargo, si el nivel de perforación para el recurso seleccionado es demasiado alto, el subproceso de planificación de transmisión C-MTC 32 cancela la correspondiente transmisión M-MTC existente (etapa 112). En otras palabras, la transmisión M-MTC existente es eliminada de la lista de sesiones/transmisiones M-MTC en curso o existentes.

En este punto, proceda de la etapa 104, de la etapa 110 o de la etapa 112, el nuevo subproceso de planificación de transmisión C-MTC 32 determina si ha sido procesado el último UE en el conjunto de los UE para los que se tienen que planificar transmisiones C-MTC para la subtrama actual (etapa 114). Si no, el índice i se incrementa (etapa 116) y el proceso vuelve a la etapa 102. Una vez ha sido procesado el último UE en el conjunto de los UE para los que se tienen que planificar transmisiones C-MTC para la subtrama actual, el proceso finaliza.

La figura 5 es un diagrama de flujo que muestra el funcionamiento del subproceso de planificación de transmisión M-MTC existente 34 del planificador 28 de la figura 3, de acuerdo con algunas realizaciones de la presente invención. Tal como se muestra, cuando se planifica la subtrama actual, el subproceso de planificación de transmisión M-MTC existente 34 ajusta un índice i a un valor inicial, que en este ejemplo es 1 (etapa 200). El índice i es un índice a una lista de dispositivos inalámbricos 18 para los que hay sesiones/transmisiones M-MTC en curso o existentes.

El subproceso de planificación de transmisión M-MTC existente 34 determina si la transmisión M-MTC existente para el UE_i en la subtrama actual está perforada (es decir, si el recurso en la subtrama actual asignada a la transmisión M-MTC existente para el UE_i ha sido reasignado para una transmisión C-MTC) (etapa 202) Si no, el subproceso de planificación de transmisión M-MTC existente 34 transmite, o controla el respectivo nodo de acceso radio para transmitir la transmisión M-MTC existente para el UE_i en el recurso asignado en la subtrama actual (etapa 204), y el proceso avanza a continuación a la etapa 208. Sin embargo, si la transmisión M-MTC existente para el UE_i en la

subtrama actual ha sido perforada, el subproceso de planificación de transmisión M-MTC existente 34 no transmite, o controla que el respectivo nodo de acceso radio no transmita, la transmisión M-MTC existente para el UE_i en el recurso asignado en la subtrama actual (etapa 206).

5 En este punto, proceda de la etapa 204 o la 206, el subproceso de planificación de transmisión M-MTC existente 34 determina si ha sido procesada la última transmisión M-MTC en curso en la subtrama actual (etapa 208). Si no, el índice *i* se incrementa (etapa 210) y el proceso vuelve a la etapa 202. Una vez ha sido procesada la última transmisión M-MTC en curso en la subtrama actual, el proceso finaliza.

10 La figura 6 es un diagrama de flujo que muestra el funcionamiento del nuevo subproceso de planificación de transmisión M-MTC 36 del planificador 28 de la figura 3, de acuerdo con algunas realizaciones de la presente invención. Tal como se muestra, cuando se planifica la subtrama actual, el nuevo subproceso de planificación de transmisión M-MTC 36 ajusta un índice *i* a un valor inicial, que en este ejemplo es 1 (etapa 300). El índice *i* es un índice a una lista de dispositivos inalámbricos 18 para los que se tienen que planificar transmisiones M-MTC en la subtrama actual. Este conjunto de dispositivos inalámbricos 18 se denomina Ω_M en el pseudocódigo para la realización ilustrativa anterior y, como tal, se nombra igualmente aquí.

15 El nuevo subproceso de planificación de transmisión M-MTC 36 identifica recursos disponibles en la subtrama actual (etapa 302). Los recursos disponibles son aquellos recursos que están disponibles para transmisiones M-MTC que no se han asignado ya a transmisiones C-MTC o transmisiones M-MTC en curso. El nuevo subproceso de planificación de transmisión M-MTC 36 adapta, o determina, parámetros de adaptación de enlace para cada par UE_i, recurso para los recursos disponibles identificados en base a la información estadística (por ejemplo, el número
20 previsto de perforaciones en este ejemplo), tal como se ha descrito anteriormente (etapa 304). El nuevo subproceso de planificación de transmisión M-MTC 36 selecciona, entre los recursos disponibles identificados, un recurso para la nueva transmisión M-MTC para el UE_i en base, por lo menos, a uno de los parámetros de adaptación de enlace adaptados o determinados, para los recursos disponibles a partir de la etapa 304 (etapa 306). Por ejemplo, tal como se ha explicado anteriormente, en una realización ilustrativa, el nuevo subproceso de planificación de transmisión M-
25 MTC 36 selecciona el recurso que requiere el número más pequeño de repeticiones estimadas, en base al modelo estadístico.

El nuevo subproceso de planificación de transmisión M-MTC 36 determina si se ha procesado el último UE en el conjunto de los UE para los que se tienen que planificar nuevas transmisiones M-MTC para la subtrama actual (etapa 308). Si no, el índice *i* se incrementa (etapa 310) y el proceso vuelve a la etapa 302. Una vez se ha
30 procesado el último UE en el conjunto de los UE para los que se tienen que planificar nuevas transmisiones M-MTC para la subtrama actual, el proceso finaliza.

La figura 7 es un diagrama esquemático de bloques de la estación base 14, de acuerdo con algunas realizaciones de la presente invención. Esta explicación es aplicable igualmente a otros tipos de nodos de acceso radio. Además, otros tipos de nodos de red pueden tener arquitecturas similares (particularmente con respecto a incluir uno o varios
35 procesadores, memoria y una interfaz de red). Tal como se muestra, la estación base 14 incluye una unidad de banda base 38 que incluye uno o varios procesadores 40 (por ejemplo, CPU, ASIC, FPGA y/o similares), memoria 42 y una interfaz de red 44, así como una o varias unidades de radio 46, cada una de las cuales incluye un transmisor 48 y uno o varios receptores 50 acoplados a una o varias antenas 52. En algunas realizaciones, la funcionalidad de la estación base 14 (o, más generalmente, la funcionalidad de un nodo de acceso radio o, más
40 generalmente, la funcionalidad de un nodo de red) descrita anteriormente se puede implementar, total o parcialmente, en software, es decir, por ejemplo, almacenada en la memoria 42 y ejecutada por el procesador o procesadores 40.

En algunas realizaciones, se dispone un programa informático que incluye instrucciones que, cuando son ejecutadas mediante, por lo menos, un procesador, hace que dicho por lo menos un procesador lleve a cabo la funcionalidad del
45 planificador 28 y/o del generador PPM 30 (por ejemplo, implementado en un nodo de red o en un nodo de acceso radio tal como, por ejemplo, la estación base 14), según cualquiera de las realizaciones descritas en la presente memoria. En algunas realizaciones, se da a conocer un soporte que contiene el mencionado producto de programa informático. 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
50 memoria).

La figura 8 es un diagrama esquemático de bloques de la estación base 14, según algunas otras realizaciones de la presente invención. La estación base 14 incluye uno o varios módulos 54, cada uno de los cuales está implementado en software. El módulo o módulos 54 proporcionan la funcionalidad de la estación base 14 descrita en la presente memoria. Se debe observar que otros tipos de nodos de acceso radio y nodos de red pueden ser
55 arquitecturas similares a la mostrada en la figura 8 para la estación base 14.

La figura 9 es un diagrama esquemático de bloques del dispositivo inalámbrico 18 (por ejemplo, un dispositivo de M-MTC o un dispositivo de C-MTC), según algunas realizaciones de la presente invención. Tal como se muestra, el dispositivo inalámbrico 18 incluye uno o varios procesadores 56 (por ejemplo, CPU, ASIC, FPGA y/o similares), memoria 58 y uno o varios transceptores 60, que incluyen, cada uno, uno o varios transmisores 62 y uno o varios
60 receptores 64 acoplados a una o varias antenas 66. En algunas realizaciones, la funcionalidad del dispositivo

inalámbrico 18 descrito anteriormente puede estar implementada, total o parcialmente, en software, es decir, por ejemplo, almacenada en la memoria 58 y ejecutada por el procesador o procesadores 56.

5 En algunas realizaciones, se dispone un programa informático que incluye instrucciones que, cuando son ejecutadas mediante, por lo menos, un procesador, hacen que dicho por lo menos un procesador lleve a cabo la funcionalidad del dispositivo inalámbrico 18, según cualquiera de las realizaciones descritas en la presente memoria. En algunas realizaciones, se dispone un soporte que contiene el producto de programa informático mencionado anteriormente. 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 memoria).

10 La figura 10 es un diagrama esquemático de bloques del dispositivo inalámbrico 18, según algunas otras realizaciones de la presente invención. El dispositivo inalámbrico 18 incluye uno o varios módulos 68, cada uno de los cuales está implementado en software. El módulo o módulos 68 proporcionan la funcionalidad del dispositivo inalámbrico 18 (por ejemplo, UE) descrito en la presente memoria.

15 La figura 11 es un diagrama de flujo que muestra un procedimiento de planificación y/o de adaptación de enlace en un transmisor de acuerdo con algunas realizaciones de la presente invención. En la realización mostrada en la figura 11, por lo menos un subconjunto de recursos de un conjunto de recursos de comunicación en una subtrama de comunicaciones es asignado para su utilización por una comunicación tolerante al retardo (etapa 400). Se determina una respectiva probabilidad de perforación (es decir, una probabilidad de que el subconjunto de recursos pueda ser perforado por una comunicación sensible al retardo) (etapa 402). La adaptación de enlace para la respectiva comunicación tolerante al retardo se modifica en base a la probabilidad de perforación determinada (etapa 404). El proceso se repite hasta que se han procesado todos los subconjuntos (etapas 406 y 408).

25 La figura 12 es un diagrama de flujo que muestra un procedimiento de reutilización de subconjuntos de recursos asignados a una comunicación tolerante al retardo, de acuerdo con algunas realizaciones de la presente invención. En la realización mostrada en la figura 12, se muestran detalles adicionales sobre la etapa de asignación 400. La etapa de asignación 400 incluye determinar la probabilidad de que un subconjunto de recursos asignado actualmente a una comunicación tolerante al retardo sea perforado (etapa 500). La probabilidad de perforación se compara con un nivel umbral (etapa 502). Si la probabilidad está por debajo del umbral, la comunicación tolerante al retardo reutiliza el subconjunto (etapa 504); de lo contrario, se elige un nuevo subconjunto para la comunicación tolerante al retardo (etapa 506).

Los siguientes acrónimos se utilizan en toda esta descripción.

- 3GPP • Proyecto de asociación de tercera generación
- 5G • Quinta generación
- ASIC • Circuito integrado de aplicación específica
- CE • Mejora de cobertura
- C-MTC • Comunicación de tipo máquina crítica
- CPU • Unidad central de procesamiento
- eNB • Nodo B mejorado o evolucionado
- FDD • Dúplex por división de frecuencia
- FPGA • Matriz de puertas programables in situ
- HARQ • Solicitud de repetición automática híbrida
- IoT • Internet de las cosas
- LTE • Evolución a largo plazo
- MCS • Esquema de modulación y codificación
- MME • Entidad de gestión de movilidad
- M-MTC • Comunicación de tipo máquina masiva
- MTC • Comunicación de tipo máquina
- PBCH • Canal físico de difusión

ES 2 775 476 T3

- PDCCH • Canal físico de control de enlace descendente
- PDSCH • Canal físico compartido de enlace descendente
- P-GW • Pasarela de red de datos de paquetes
- PPM • Matriz de probabilidades de perforación
- PRACH • Canal físico de acceso aleatorio
- PUCCH • Canal físico de control de enlace ascendente
- PUSCH • Canal físico compartido de enlace ascendente
- RAN • Red de acceso radio
- RB • Bloque de recursos
- S-GW • Pasarela de servicio
- SINR • Relación de señal/interferencia más ruido
- TDD • Dúplex por división de tiempo
- TTI • Intervalo de tiempo de transmisión
- UE • Equipo de usuario

Los expertos en la materia reconocerán mejoras y modificaciones a las realizaciones de la presente invención. Se considera que la totalidad de dichas mejoras y modificaciones están dentro del alcance de las reivindicaciones siguientes.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento de funcionamiento de un planificador para un nodo de red de un sistema de comunicaciones celulares, que comprende:
 - 5 planificar (etapas 300 a 310) una o varias transmisiones tolerantes al retardo mediante uno o varios dispositivos inalámbricos en una subtrama, donde la planificación comprende, para cada dispositivo inalámbrico:
 - identificar (etapa 302) a partir de una serie de recursos disponibles en la subtrama, por lo menos un subconjunto de recursos, comprendiendo cada subconjunto uno o varios recursos; y
 - 10 para cada subconjunto identificado, determinar (etapa 304) uno o varios parámetros de adaptación de enlace para el dispositivo inalámbrico en base a información que representa una perforación prevista de transmisiones tolerantes al retardo mediante una transmisión sensible al retardo utilizando el subconjunto identificado.
 2. El procedimiento según la reivindicación 1, que comprende además seleccionar (etapa 306) un subconjunto de recursos identificado en la subtrama para la transmisión tolerante al retardo del dispositivo inalámbrico en base a, por lo menos, uno de dichos uno o varios parámetros de adaptación de enlace determinados.
 3. El procedimiento según la reivindicación 1 o 2, que comprende además planificar una transmisión sensible al retardo mediante, por lo menos, uno de dichos uno o varios dispositivos inalámbricos en la subtrama.
 4. El procedimiento según la reivindicación 3, en el que la serie de recursos disponibles para planificar dichas una o varias transmisiones tolerantes al retardo no incluye recursos en los que están planificadas en la subtrama transmisiones sensibles al retardo.
 5. El procedimiento según la reivindicación 3 o 4, en el que planificar la transmisión sensible al retardo en la subtrama comprende, para cada transmisión sensible al retardo a planificar en la subtrama:
 - determinar (etapa 102) si existen cualesquiera recursos no utilizados en la subtrama;
 - si hay recursos no utilizados en la subtrama, seleccionar (etapa 104) un recurso no utilizado como un recurso para la transmisión sensible al retardo; y
 - 25 si no hay recursos no utilizados en la subtrama, seleccionar (etapa 106) un recurso ya asignado a una transmisión tolerante al retardo, como el recurso para la transmisión sensible al retardo.
 6. El procedimiento según la reivindicación 5, en el que seleccionar (etapa 106) el recurso ya asignado a la transmisión tolerante al retardo como el recurso para la transmisión sensible al retardo comprende seleccionar uno de una serie de recursos en la subtrama que están ya asignados a transmisiones tolerantes al retardo, como el recurso para la transmisión sensible al retardo, en base a criterios predefinidos.
 7. El procedimiento según la reivindicación 5 o 6, que comprende además:
 - determinar (etapa 110) si un nivel de perforación para el recurso en la subtrama que está asignada la transmisión tolerante al retardo es mayor que un umbral predefinido; y
 - 30 en caso afirmativo, cancelar (etapa 112) la transmisión tolerante al retardo.
 8. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que la información que representa la perforación prevista de la transmisión tolerante al retardo comprende una probabilidad de perforación, en el que la probabilidad de perforación comprende la probabilidad de que el subconjunto de recursos pueda ser perforado por una comunicación sensible al retardo.
 9. El procedimiento según la reivindicación 8, que comprende seleccionar uno del subconjunto de recursos identificado en la subtrama para las transmisiones tolerantes al retardo del dispositivo inalámbrico en base a, por lo menos, uno de dichos uno o varios parámetros de adaptación de enlace determinados, y activar la reutilización del subconjunto de recursos mediante la comunicación tolerante al retardo del dispositivo inalámbrico si la probabilidad de perforación está por debajo de un nivel umbral (etapas 500 a 506).
 10. El procedimiento según la reivindicación 8 o 9, en el que determinar la probabilidad de que el subconjunto de recursos se pueda perforar comprende determinar el número previsto de eventos de perforación para dicho subconjunto de recursos.
 11. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que cada subconjunto de recursos comprende un recurso.
 12. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que cada subconjunto de recursos comprende una serie de recursos.
 13. Un nodo de radio que puede funcionar para llevar a cabo un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores.



← Bloque de recursos

p_1	p_2	p_3	p_4	p_5	p_6
p_7	p_8	p_9	p_{10}	p_{11}	p_{12}
p_{13}	p_{14}	p_{15}	p_{16}	p_{17}	p_{18}
p_{19}	p_{20}	p_{21}	p_{22}	p_{23}	p_{24}
p_{25}	p_{26}	p_{27}	p_{28}	p_{29}	p_{30}

→ Subtrama

Ejemplo 2 de PPM: probabilidad de perforación sin planificación previa de C-MTC

← Bloque de recursos

p_1	p_2	p_3	p_4	p_5	p_6
p_7	p_8	p_9	1	p_{11}	p_{12}
1	p_{14}	p_{15}	p_{16}	p_{17}	p_{18}
p_{19}	p_{20}	p_{21}	p_{22}	1	p_{24}
1	p_{26}	p_{27}	p_{28}	p_{29}	p_{30}

→ Subtrama

Ejemplo 2 de PPM probabilidad de perforación con planificación previa de C-MTC

FIG. 1

Ilustración del concepto de matriz de probabilidades de perforación

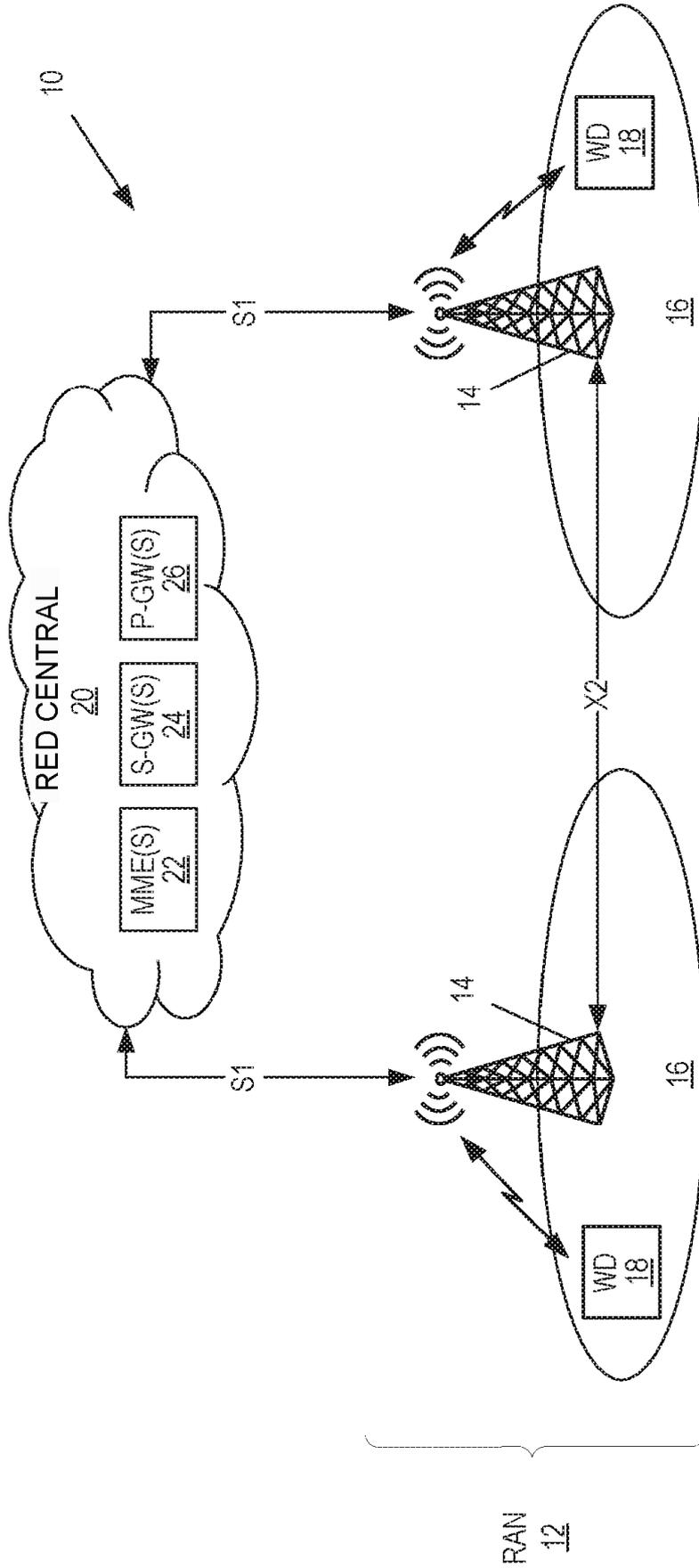


FIG. 2

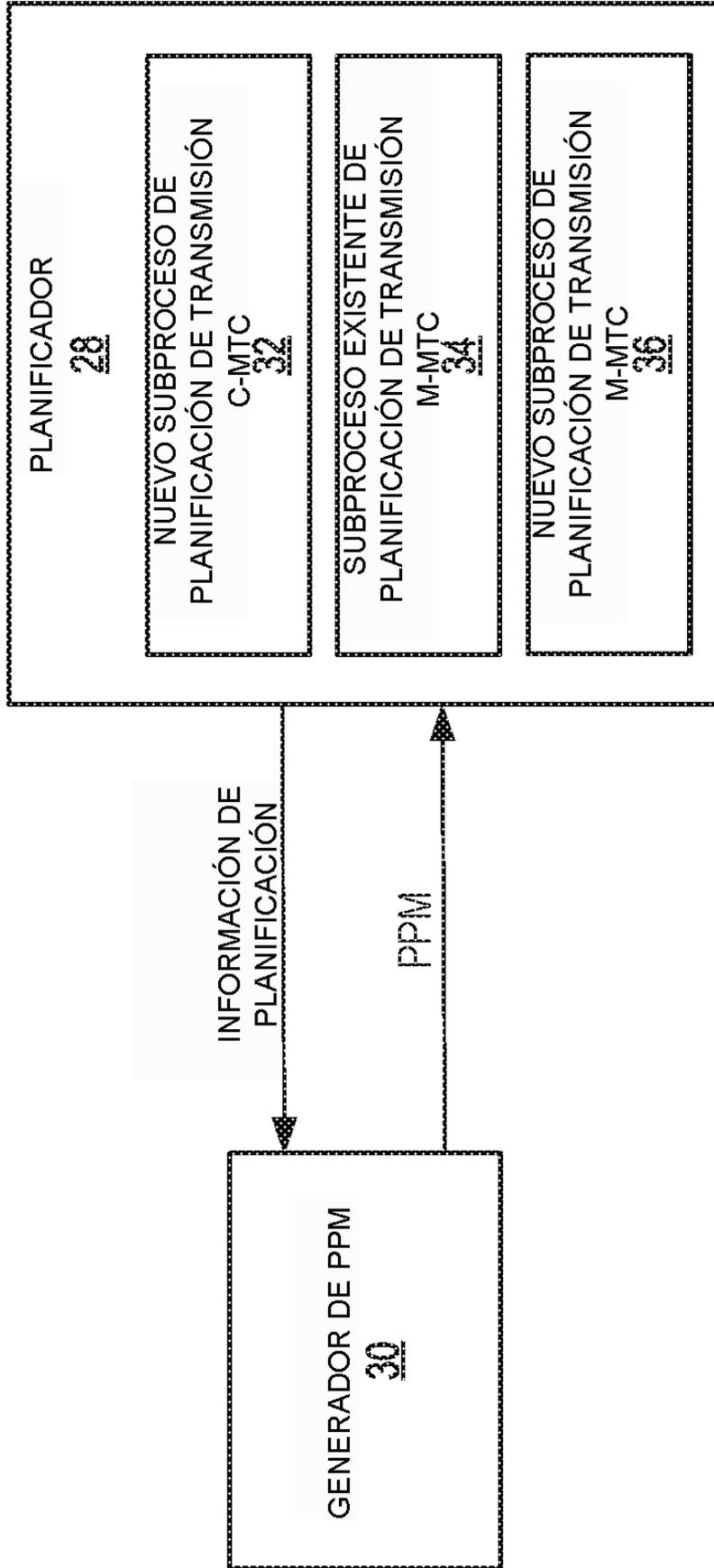


FIG. 3

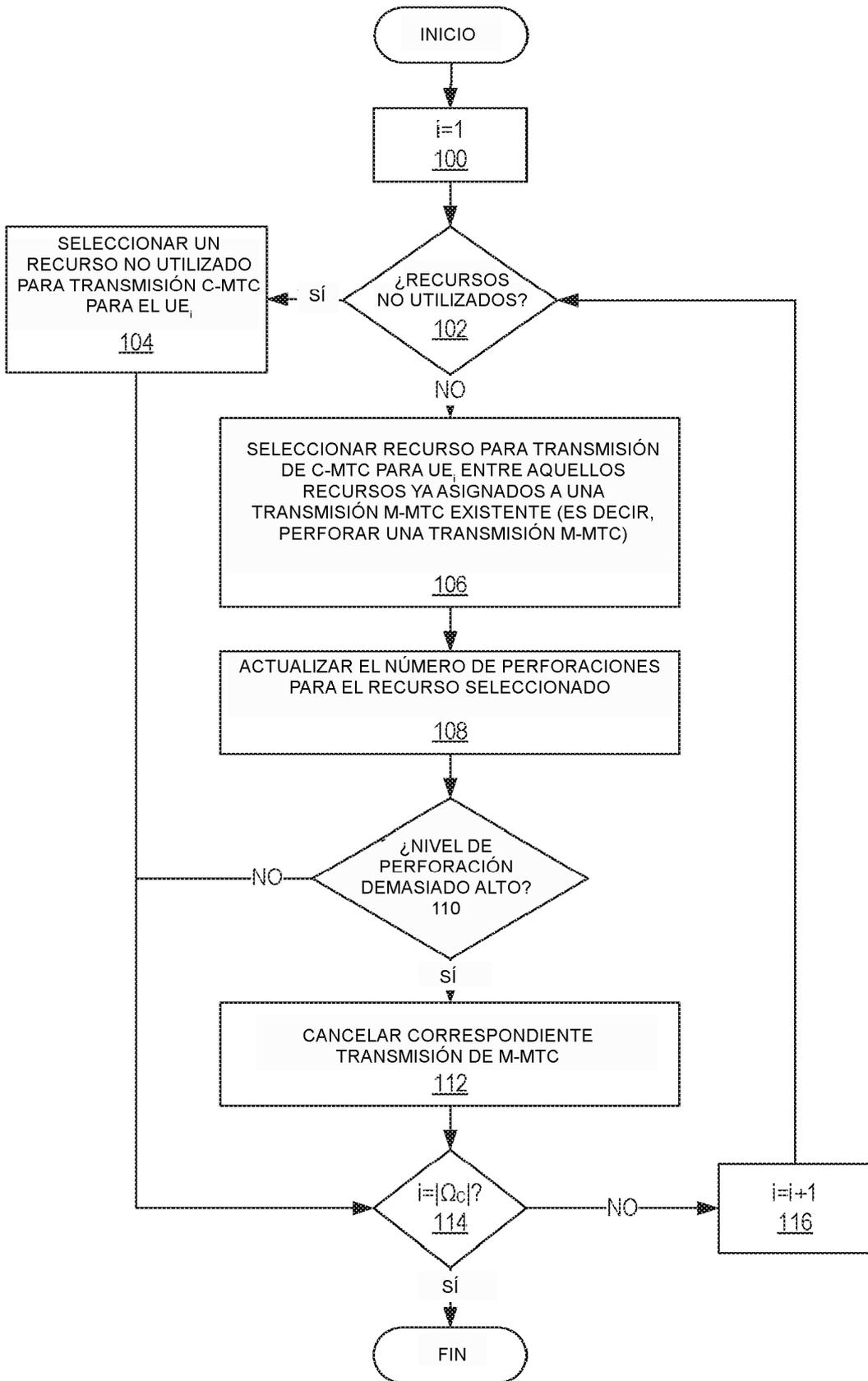


FIG. 4

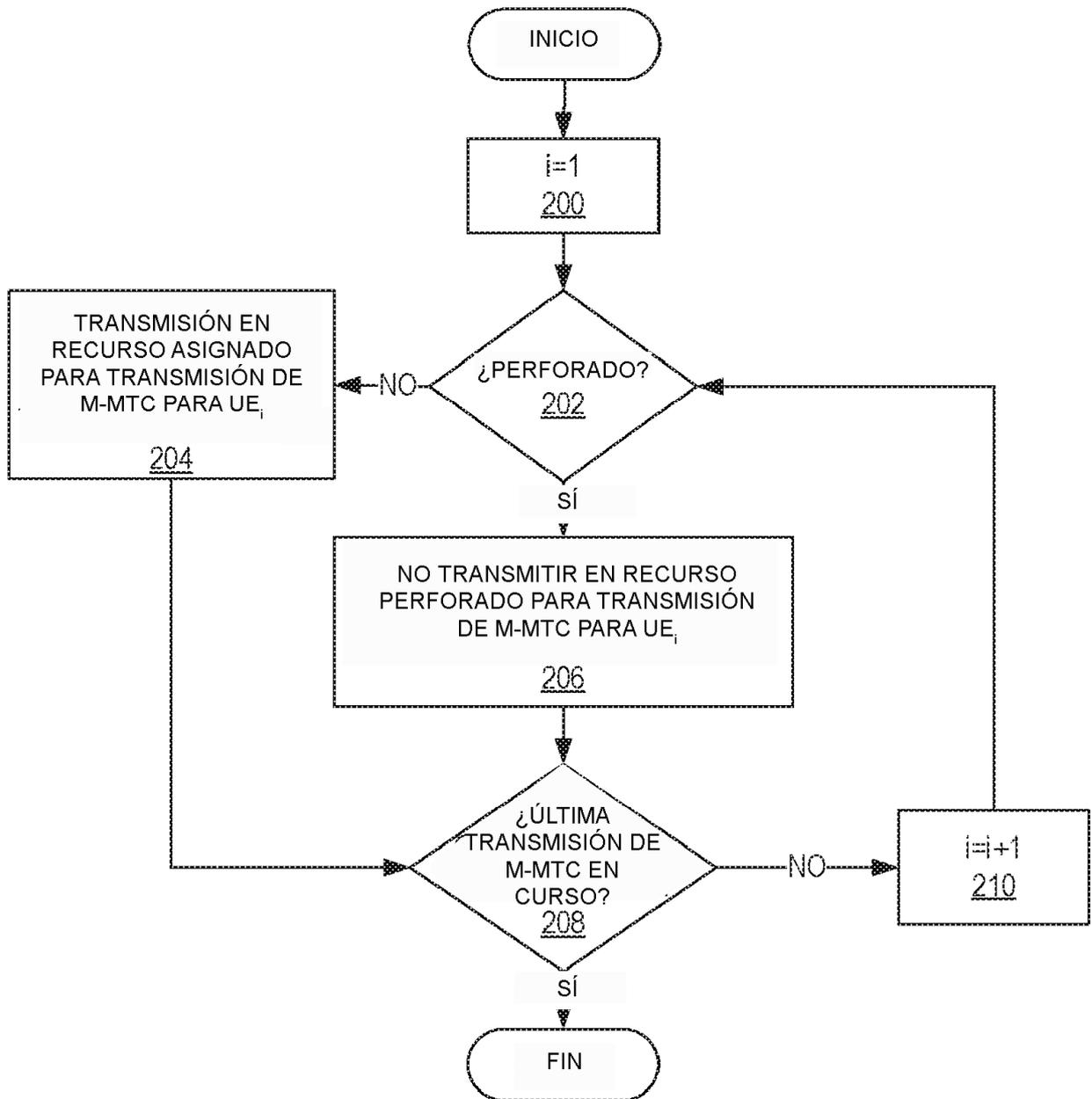


FIG. 5

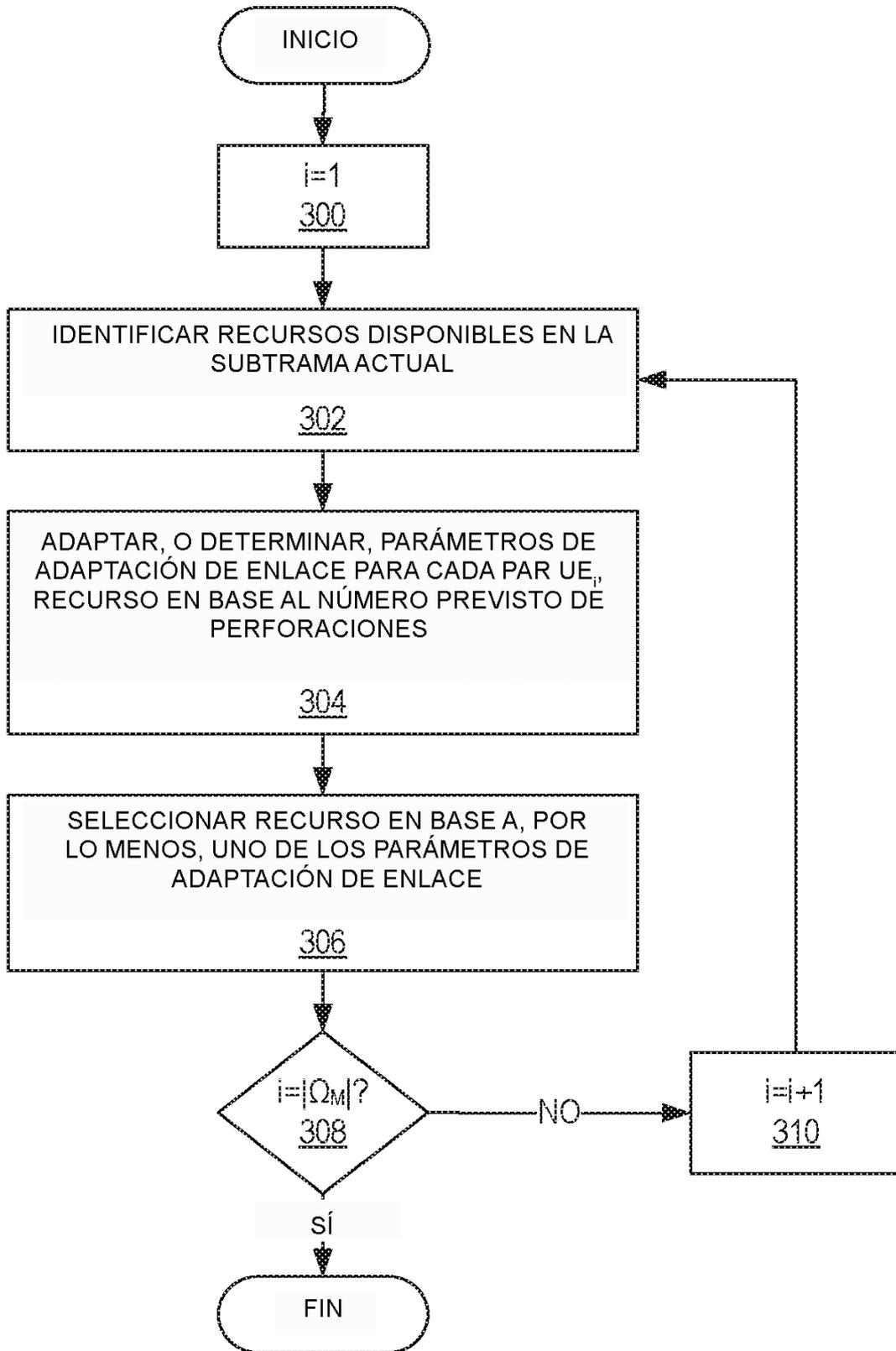


FIG. 6

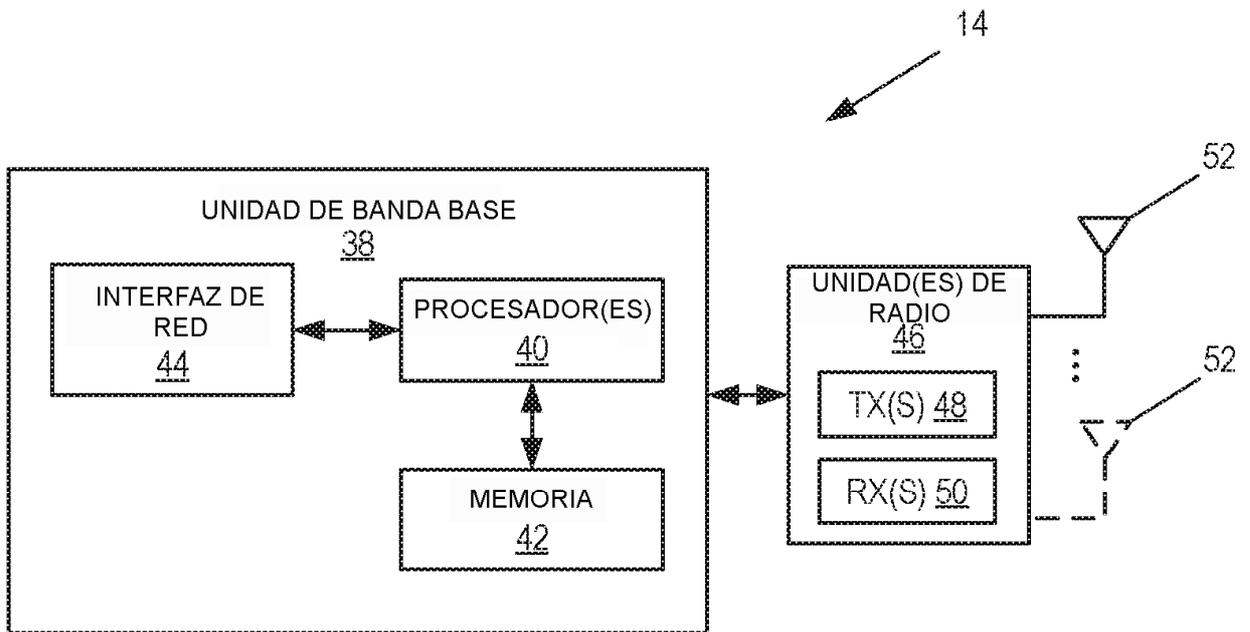


FIG. 7

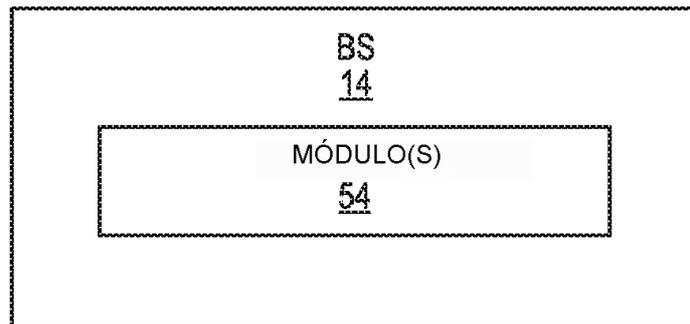


FIG. 8

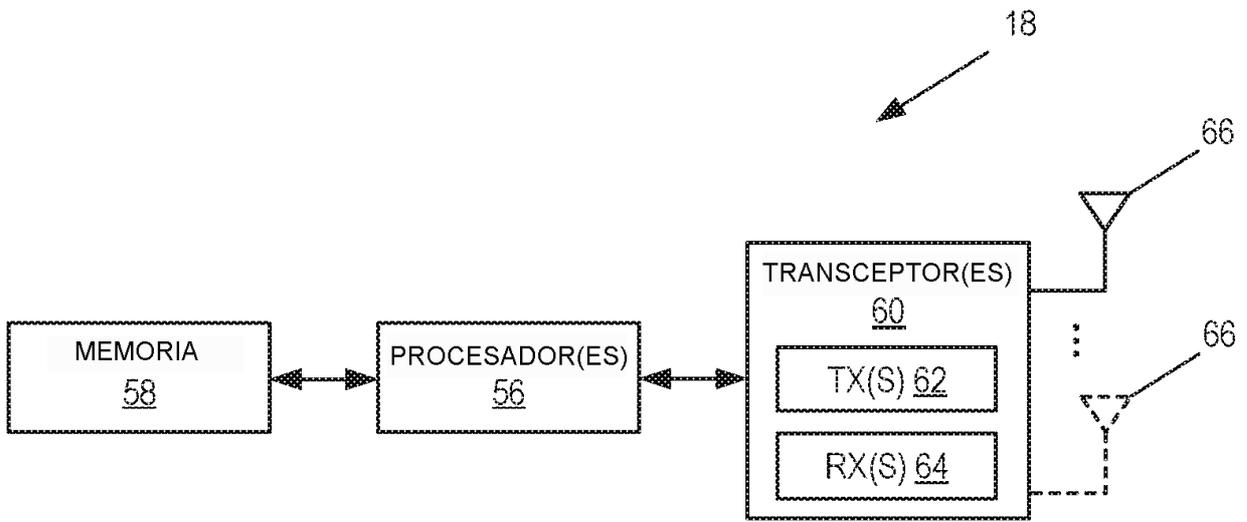


FIG. 9

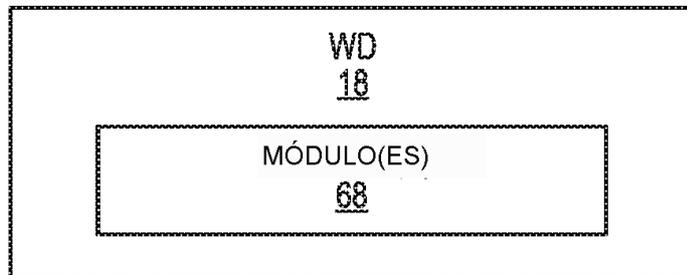


FIG. 10

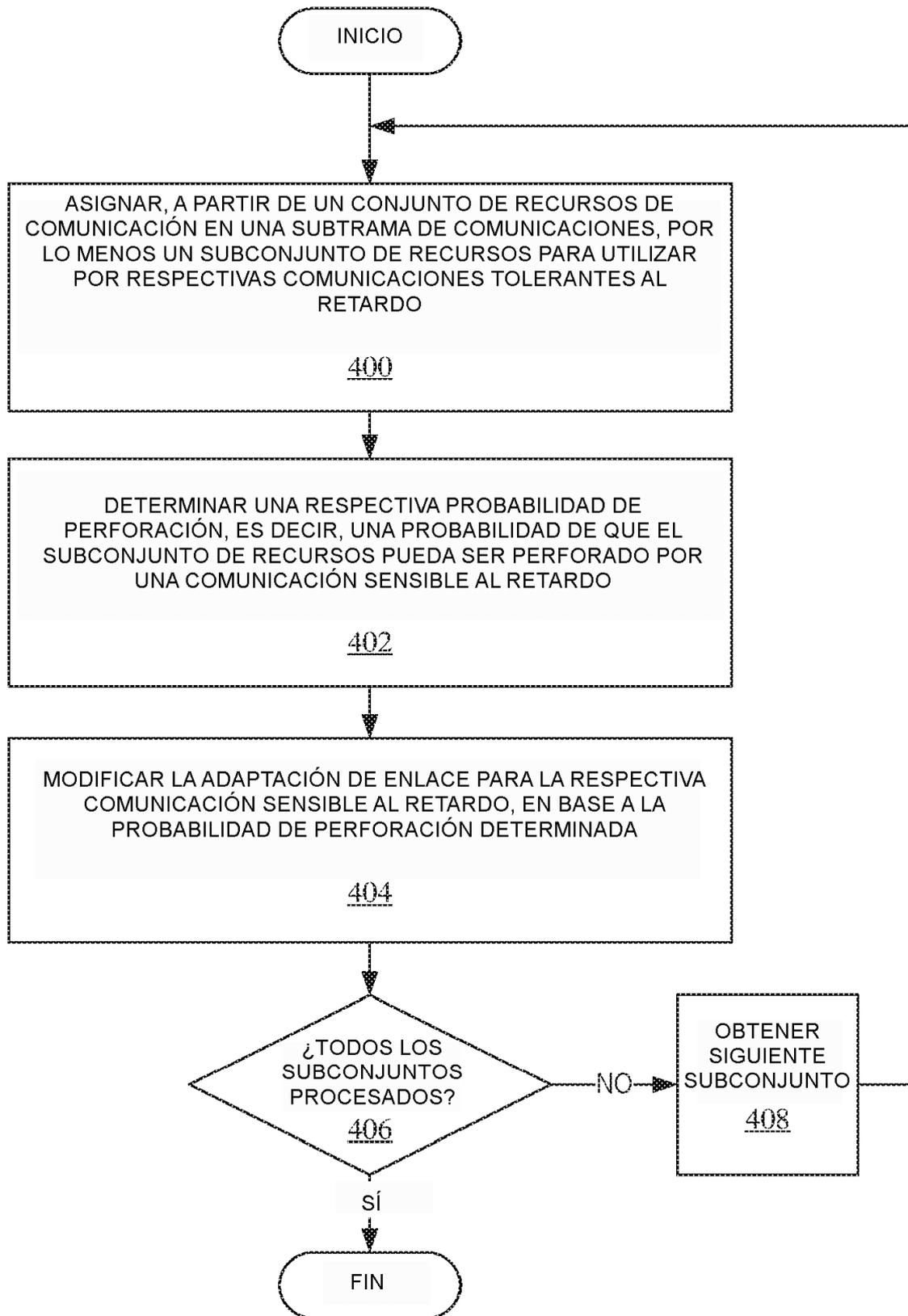


FIG. 11

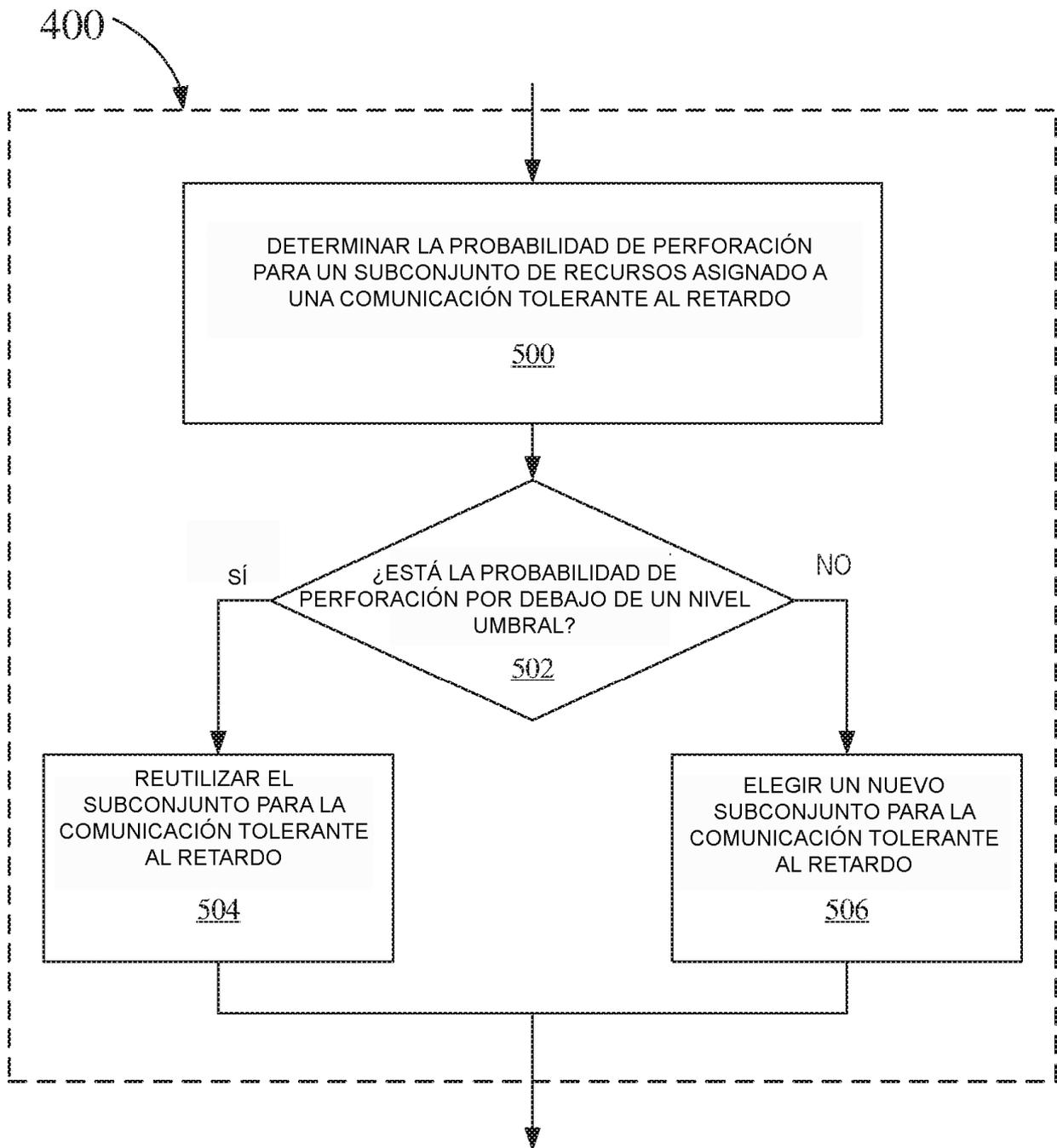


FIG. 12