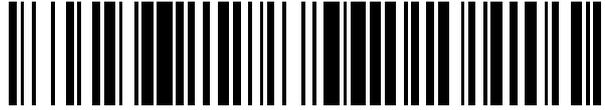


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 769 829**

51 Int. Cl.:

**H04L 29/06**

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **28.03.2015 PCT/CN2015/075328**

87 Fecha y número de publicación internacional: **08.10.2015 WO15149661**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.03.2015 E 15772221 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.12.2019 EP 3111622**

54 Título: **Procedimientos para descarga dinámica de tráfico y silenciamiento de puntos de transmisión (TP) para eficiencia energética en una red de acceso radio virtual (V-RAN)**

30 Prioridad:

**31.03.2014 US 201461973119 P**  
**24.03.2015 US 201514667497**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**29.06.2020**

73 Titular/es:

**HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD (100.0%)**  
**Huawei Administration Building, Bantian,**  
**Longgang District**  
**Shenzhen, Guangdong 518129 , CN**

72 Inventor/es:

**SALEM, MOHAMED y**  
**BALIGH, MOHAMMADHADI**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

**ES 2 769 829 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

Procedimientos para descarga dinámica de tráfico y silenciamiento de puntos de transmisión (TP) para eficiencia energética en una red de acceso radio virtual (V-RAN)

### Campo técnico

- 5 La presente invención se refiere a comunicaciones inalámbricas ecológicas ("green") y, en realizaciones particulares, a procedimientos para la descarga dinámica de tráfico y el silenciamiento de puntos de transmisión (en inglés, Transmit Point - TP) para eficiencia energética en red de acceso radio virtual (en inglés, Virtual Radio Access Network - V-RAN).

### Antecedentes

- 10 Los operadores de redes móviles pueden incurrir a menudo en elevados gastos operativos debido a requisitos de energía de las estaciones base. Por ejemplo, las estaciones base pueden consumir habitualmente tanto como el ochenta por ciento de la energía necesaria para hacer funcionar una red celular, y pueden constituir una parte significativa de la huella de carbono de la red celular. Una estrategia para mejorar la eficiencia se denomina silenciamiento de puntos de transmisión (TP), donde las estaciones base que no están dando servicio a los UE se pueden hacer pasar de un modo activo a un modo de 'suspensión', en inglés 'sleep', (inactivo). Se desean técnicas para implementar silenciamiento de TP en redes inalámbricas con densidades altas de puntos de acceso (en inglés, Access Point - AP).

El documento "LTE; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Potential solutions for energy saving for E-UTRAN (3GPP TR 36.927 version 11.0.0 Release 11)" da a conocer una introducción de un escenario inter-eNB para ahorro de energía.

- 20 El documento de NOKIA SIEMENS NETWORKS, "Negotiation-based algorithm for ES compensations", 3GPP BORRADOR; R3-102857 ALGORITMO\_BASADO\_EN\_NEGOCIACIÓN\_PARA\_COMPENSACIONES\_ES, proyecto de asociación de tercera generación (por sus siglas en inglés, 3GPP) proporciona una discusión de algoritmo basado en negociación para compensaciones de ahorro de energía.

### Compendio

- 25 Se consiguen, en general, ventajas técnicas mediante las realizaciones de esta descripción que describe procedimientos para la descarga dinámica de tráfico y el silenciamiento de puntos de transmisión (TP) para eficiencia energética en una red de acceso radio virtual (V-RAN).

- 30 De acuerdo con una característica de la presente invención, se da a conocer un procedimiento para una planificación energética eficiente por medio de un silenciamiento de banda ancha de puntos de transmisión (TP). En este ejemplo, el procedimiento incluye determinar una asignación de planificación inicial para una red de acceso radio en la nube (en inglés, Cloud Radio Access Network - CRAN) que comprende una pluralidad de puntos de acceso (AP). La asignación de planificación inicial asigna una pluralidad de equipos de usuario (en inglés, User Equipment - UE) a los AP durante un intervalo de tiempo. El procedimiento incluye además seleccionar, a partir de la pluralidad de AP, por lo menos un primer AP para funcionar en un modo de suspensión durante el intervalo de tiempo. El primer AP es silenciado (en inglés, muted) en banda ancha mientras funciona en el modo de suspensión. La asignación de planificación inicial asigna un primer subconjunto de UE al primer AP durante el intervalo de tiempo. El procedimiento incluye además reasignar un primer subconjunto de UE a otros AP en la pluralidad de AP durante el intervalo de tiempo, obteniendo de ese modo una asignación de planificación modificada, determinar si la asignación de planificación modificada mejora una utilidad de planificación y, si la asignación de planificación modificada proporciona una mejora de la utilidad sobre la asignación de planificación inicial, solicitar a la pluralidad de AP que funcionen de acuerdo con la asignación modificada, durante el intervalo de tiempo. El primer AP funciona en un modo de suspensión durante el intervalo de tiempo. Se da a conocer asimismo un aparato y un medio no transitorio legible por ordenador, para llevar a cabo este procedimiento.

### Breve descripción de los dibujos

- 45 Para una comprensión más completa de la presente invención y de las ventajas de la misma, se hace referencia a continuación a las siguientes descripciones, tomadas junto con los dibujos adjuntos, en los cuales:

la figura 1 muestra un diagrama de una red de comunicaciones inalámbricas de realizaciones;

las figuras 2A y 2B muestran un diagrama de una arquitectura de red de realizaciones;

- 50 la figura 3 muestra un diagrama de flujo de un procedimiento de realizaciones para calcular asignaciones de planificación;

la figura 4 muestra un diagrama de flujo de otro procedimiento de realizaciones para calcular asignaciones de planificación;

- la figura 5 muestra un diagrama de flujo de otro procedimiento más de realizaciones para calcular asignaciones de planificación;
- la figura 6 muestra un diagrama de otra arquitectura de red de realizaciones;
- 5 las figuras 7A a 7B muestran diagramas de una técnica de optimización de baja complejidad para planificación por selección de punto dinámica (por sus siglas en inglés, DPS);
- la figura 8 muestra un diagrama de flujo de un procedimiento de realizaciones para conseguir planificación y silenciamiento TP de baja complejidad;
- la figura 9 muestra un gráfico de un análisis de capacidad del sistema;
- la figura 10 muestra un gráfico de otro análisis de capacidad del sistema;
- 10 la figura 11 muestra un diagrama de un modelo de consumo de energía;
- la figura 12 muestra gráficos de un modelo de consumo de energía;
- la figura 13 muestra un diagrama, un gráfico y una tabla de un modelo de consumo de energía dependiente de la carga;
- 15 las figuras 14A a 14C muestran gráficos de simulaciones de caudal para técnicas de reducción de energía de realizaciones;
- la figura 15 muestra un gráfico de resultados de escenarios de simulación;
- las figuras 16A a 16C muestran configuraciones de red para silenciamiento de puntos de transmisión y planificación DPS, que aprovechan comunicaciones dispositivo a dispositivo (en inglés, Device-to-Device - D2D);
- 20 la figura 17 muestra un diagrama de una estructura de trama de red de frecuencia única de multidifusión-difusión (en inglés, Multicast-Broadcast Single-Frequency Network - MBSFN);
- la figura 18 muestra un diagrama de una arquitectura de red de generación ecológica más allá de celular (en inglés, Beyond Cellular Green Generation - BCG2);
- la figura 19 muestra un diagrama de una arquitectura de red de celda fantasma convencional;
- la figura 20 muestra un diagrama de una plataforma de cálculo de realizaciones; y
- 25 la figura 21 muestra un diagrama de un dispositivo de comunicaciones de realizaciones.

Los numerales y símbolos correspondientes en las diferentes figuras se refieren, en general, a partes correspondientes, salvo que se indique lo contrario. Las figuras están dibujadas para mostrar claramente las características relevantes de las realizaciones, y no están necesariamente dibujadas a escala.

#### **Descripción detallada de realizaciones ilustrativas**

- 30 A continuación se describe en detalle la realización y utilización de las realizaciones actualmente preferidas. Sin embargo, se debe apreciar que la presente invención da a conocer muchos conceptos inventivos aplicables, que pueden ser realizados en una amplia gama de contextos específicos. Las realizaciones específicas explicadas son tan sólo ilustrativas de maneras específicas de realizar y utilizar la invención, y no limitan el alcance de la invención.
- 35 En las redes convencionales, el silenciamiento de TP se utiliza habitualmente de manera pasiva, donde hacer transitar los puntos de acceso a un estado de suspensión/inactivo es un recurso de última hora para realizar planificación basada en rendimiento. Más específicamente, las redes convencionales pueden calcular independientemente asignaciones de planificación para conseguir criterios de rendimiento específicos (por ejemplo, caudal, etc.), y a continuación hacer transitar a un modo de suspensión aquellos puntos de acceso que no son asignados a ningún UE activo mediante las asignaciones de planificación calculadas independientemente. La medida en que estas estrategias pasivas de silenciamiento de TP aumentan la eficiencia energética de la red está limitada por el hecho de que el silenciamiento de los TP no es habitualmente un criterio para planificación basada en rendimiento.
- 40 Las características de esta descripción dan a conocer técnicas que calculan asignaciones de planificación de acuerdo con una utilidad de silenciamiento de TP. Más específicamente, se evalúan asignaciones de planificación candidatas que silencian diferentes combinaciones de puntos de acceso, para determinar cuál ofrece la máxima utilidad. En algunas realizaciones, esto se consigue utilizando un enfoque ambicioso para reducir la complejidad computacional del planificador. Por ejemplo, se puede evaluar un conjunto de asignaciones de planificación durante cada iteración de una secuencia de iteraciones, silenciando cada asignación de planificación uno diferente de los AP restantes. Al término de cada iteración, se selecciona la asignación de planificación que proporciona la máxima utilidad, y el AP silenciado por dicha asignación de planificación es silenciado durante todas las iteraciones sucesivas. Por
- 45

consiguiente, las asignaciones de planificación evaluadas en iteraciones posteriores silenciarán los AP especificados por la asignación de planificación seleccionada en iteraciones anteriores. De este modo, el conjunto de asignaciones de planificación calculadas en iteraciones subsiguientes puede ser un subconjunto de las asignaciones de planificación seleccionadas en iteraciones anteriores. Estas y otras características se describen en mayor detalle a continuación.

5 La figura 1 muestra una red 100 para comunicar datos. La red 100 comprende una estación base 110 que tiene un área de cobertura 101, una pluralidad de dispositivos móviles 120 y una red de retorno 130. Tal como se muestra, la estación base 110 establece conexiones de enlace ascendente (línea de trazos) o de enlace descendente (línea de puntos) con los dispositivos móviles 120, que sirven para transportar datos desde los dispositivos móviles 120 a la estación base 110 y viceversa. Los datos transportados sobre las conexiones de enlace ascendente/enlace descendente pueden incluir datos comunicados entre los dispositivos móviles 120, así como datos comunicados hacia/desde un extremo remoto (no mostrado) por medio de la red de retorno 130. Tal como se utiliza en la presente memoria, la expresión "estación base" se refiere a cualquier componente (o colección de componentes) configurado para proporcionar acceso inalámbrico a la red, tal como una estación base mejorada (por sus siglas en inglés, eNB), una macrocelda, una femtocelda, un punto de acceso (AP) WiFi u otros dispositivos con capacidad inalámbrica. Las estaciones base pueden proporcionar acceso inalámbrico, de acuerdo con uno o varios protocolos de comunicación inalámbrica, por ejemplo, evolución a largo plazo (en inglés, Long Term Evolution - LTE), LTE avanzada (por sus siglas en inglés, LTE-A), acceso de paquetes de alta velocidad (en inglés, High Speed Packet Access - HSPA), Wi-Fi 802.11a/b/g/n/ac, etc. Tal como se utiliza en la presente memoria, la expresión "dispositivo móvil" se refiere a cualquier componente (o colección de componentes) que pueda establecer una conexión inalámbrica con una estación base, tal como un equipo de usuario (UE), una estación móvil (abreviado en inglés, STA) y otros dispositivos con capacidad inalámbrica. En algunas realizaciones, la red 100 puede comprender algunos otros dispositivos inalámbricos, tales como repetidores, nodos de baja energía, etc.

Las características de esta descripción muestran una modificación a las asignaciones de planificación para mejorar una utilidad de silenciamiento de TP. Las figuras 2A a 2B muestran una arquitectura de red 200 configurada para modificar asignaciones de planificación para mejorar una utilidad de silenciamiento de TP. En una realización, la arquitectura de red 200 puede comprender una red de acceso radio en la nube (CRAN). Tal como se muestra, la arquitectura de red 200 comprende un controlador central 201, una pluralidad de puntos de acceso 212, 214, y una pluralidad de UE 222, 224. En algunas realizaciones, el controlador central 201 es una macro estación base, y los punto de acceso 212, 214 son nodos de baja energía, por ejemplo, femtoceldas, etc. En otras realizaciones, el controlador central 201 es un planificador centralizado para los puntos de acceso 212, 214, que pueden ser macroceldas, nodos de baja energía o cualquier otro tipo de punto de acceso inalámbrico. La figura 2A muestra una asignación de planificación inicial para arquitectura de red, en la que el UE 222 es servido por el punto de acceso 212 y el UE 224 es servido por el punto de acceso 214. Tal como se muestra en la figura 2B, el controlador central 201 puede reasignar el UE 222 al punto de acceso 214, permitiendo de ese modo que el punto de acceso 212 transite a un modo de suspensión para mejorar un parámetro de utilidad (por ejemplo, utilidad de planificación global, utilidad de silenciamiento de TP, etc.) de la arquitectura de red 200.

Las características de esta descripción dan a conocer arquitecturas de red de realizaciones, para conseguir descarga dinámica de tráfico y silenciamiento de TP en una red de acceso radio virtual (V-RAN). En algunas realizaciones, un controlador central puede optimizar transmisiones de enlace descendente sobre un grupo de puntos de transmisión. Los flujos de control específicos de usuario se pueden descargar de manera similar a flujos de datos. Se puede calcular una utilidad de flujo en base a mediciones de UL desde el UE objetivo (en inglés, Target UE - TUE) o bien desde su UE asistente (en inglés, Helping UE - HUE). Para una determinada hipótesis de silenciamiento de banda ancha, se realiza planificación multipunto coordinada (en inglés, Dynamic Coordinated Multi-Point - CoMP) dinámica. Se comparan hipótesis de silenciamiento utilizando una nueva utilidad sensible al consumo de energía que comprende utilidades de tráfico de datos/control e incentivo de silenciamiento/penalizaciones de activación. El incentivo de silenciamiento/penalizaciones de activación se puede expresar en función de modelos de consumo de energía de TP, de un coeficiente de ahorro de energía (por ejemplo, que puede ser ajustado o manipulado dinámicamente por el operador de red) y de proporciones de carga blandas basadas en cargas de tráfico predichas o asociaciones de UE blandas en cada TP.

Las características de esta descripción dan a conocer procedimientos de realización para un cálculo de asignación de planificación de baja complejidad con silenciamiento de puntos de transmisión. La figura 3 muestra un procedimiento de realización 300 para modificar una asignación de planificación para conseguir silenciamiento de TP, que puede ser llevado a cabo por un controlador central, por ejemplo, una macroestación base, un planificador central, etc. Tal como se muestra, el procedimiento 300 comienza en la etapa 310, donde el controlador central determina una asignación de planificación inicial que asigna UE a una pluralidad de puntos de acceso (AP) durante un intervalo de tiempo. La asignación de planificación inicial puede haber sido calculada en base a criterios de rendimiento (por ejemplo, caudal, etc.) o a otros criterios. A continuación, el procedimiento 300 avanza a las etapas 320 a 330, donde el controlador central modifica la asignación de planificación inicial para conseguir silenciamiento de TP. Más específicamente, el procedimiento selecciona por lo menos un AP para que funcione en un modo de suspensión en la etapa 320, y a continuación en la etapa 330 reasigna subconjuntos de UE del AP o de los AP seleccionados a los AP restantes. Este subconjunto de UE estaba asignado al AP o a los AP seleccionados por la asignación de planificación inicial, y es asignado a los AP restantes por la asignación de planificación modificada. Como resultado, los AP seleccionados pueden ser silenciados. En algunas realizaciones, otros UE asignados a AP activos (por ejemplo, AP no silenciados

por la asignación de planificación modificada) son asimismo reasignados durante la etapa 330 para mejorar la utilidad (o el rendimiento) de la asignación de planificación modificada. A continuación, el procedimiento 300 avanza a la etapa 340, donde el controlador central determina si modificar la asignación de planificación inicial mejora una utilidad de planificación. Esto puede incluir calcular una función de utilidad de acuerdo tanto con la asignación de planificación inicial como con la asignación de planificación modificada, y comparar a continuación los valores de utilidad resultantes. La función de utilidad puede incluir varios factores diferentes, tales como la utilización total de energía, el rendimiento total, etc.

Si la asignación de planificación modificada proporciona una mejora de la utilidad sobre la asignación de planificación inicial, el procedimiento 300 avanza entonces a la etapa 350, donde el dispositivo de planificación solicita la red inalámbrica que funcione de acuerdo con la asignación modificada. De lo contrario, si no había mejora en la utilidad (o la mejora era menor que un umbral), el procedimiento 300 avanza entonces a la etapa 360, donde el dispositivo de planificación solicita a la red inalámbrica que funcione de acuerdo con la asignación de planificación inicial.

En algunas redes, los puntos de acceso pueden funcionar utilizando diferentes fuentes de energía durante periodos diferentes. Como un ejemplo, un punto de acceso puede funcionar con energía solar durante las horas del día, funcionando con energía de la red eléctrica durante las horas de la noche. En dichos casos, puede ser útil considerar los parámetros de energía asociados con los AP individuales cuando se seleccionan los AP a silenciar durante un determinado periodo. La figura 4 muestra un procedimiento de realización 400 para calcular asignaciones de planificación de acuerdo con parámetros de energía asociados con AP candidatos, que puede ser llevado a cabo por un dispositivo de planificación. Tal como se muestra, el procedimiento 400 comienza en la etapa 410, donde el dispositivo de planificación obtiene parámetros de energía asociados con puntos de acceso en una red inalámbrica. Los parámetros de energía pueden indicar el tipo de energía que está siendo utilizada por el AP, así como otra información, tal como la tasa de utilización, el precio, el impacto de carbono, etc. En una realización, el dispositivo de planificación recibe una indicación desde el punto de acceso que indica el tipo de energía que está siendo utilizada (por ejemplo, solar, electricidad, etc.) o la tasa de consumo, por ejemplo, el punto de acceso N está consumiendo M kilovatios hora (kWh), etc. A continuación, el dispositivo de planificación puede acceder a una base de datos para obtener parámetros de energía adicionales, asociados con el tipo de energía, por ejemplo, el precio por unidad de energía en el área local del punto de acceso, etc. En otras realizaciones más, el dispositivo de planificación deduce el tipo de energía o la tasa de consumo a partir de un histórico (o del funcionamiento conocido) del punto de acceso, por ejemplo, el punto de acceso funciona con energía solar desde el amanecer hasta el anochecer, y con energía de la red eléctrica desde el anochecer hasta el amanecer.

Después de que se obtengan los parámetros de energía, el procedimiento 400 avanza a la etapa 420, donde el dispositivo de planificación determina asignaciones de planificación de acuerdo con los parámetros de energía. En este ejemplo, el dispositivo de planificación puede seleccionar qué puntos de acceso silenciar en base, por ejemplo, al coste de energía o al impacto ambiental. Por ejemplo, el dispositivo de planificación puede ser más propenso a silenciar un punto de acceso que funciona con energía de la red eléctrica, que un punto de acceso que funciona con energía solar. A continuación, el procedimiento 400 avanza a la etapa 430, donde el dispositivo de planificación solicita a la red inalámbrica que funcione de acuerdo con las asignaciones de planificación.

Las asignaciones de planificación se pueden calcular utilizando una búsqueda exhaustiva que considera la utilidad de todas las posibles asignaciones de planificación, por ejemplo, todas las posibles combinaciones de silenciamiento de los TP. Sin embargo, dichas técnicas pueden tener altos niveles de complejidad computacional y, por consiguiente, puede ser inadecuadas para redes grandes. Las características de esta descripción dan a conocer alternativas de menor complejidad, tal como las que utilizan un algoritmo de búsqueda ambicioso para calcular las asignaciones de planificación. La figura 5 muestra un procedimiento de realización 500 para cálculo de asignación de planificación de baja complejidad con silenciamiento de puntos de acceso, que puede ser llevado a cabo por el dispositivo de planificación. Tal como se muestra, el procedimiento 500 comienza en la etapa 510, donde el dispositivo de planificación calcula un primer conjunto de asignaciones de planificación. Cada asignación de planificación en el primer conjunto de asignaciones de planificación silencia uno diferente de una pluralidad de AP. A continuación, el procedimiento 500 avanza a la etapa 520, donde el dispositivo de planificación selecciona la asignación de planificación que tiene una utilidad mayor que otras asignaciones de planificación en el primer conjunto de asignaciones de planificación. En algunas realizaciones, esta puede ser una etapa de dos partes, donde las utilidades se calculan en base a una función de utilidad durante una primera etapa, después de la cual las utilidades calculadas son comparadas para identificar la utilidad más alta durante una segunda etapa.

A continuación, el procedimiento 500 avanza a la etapa 530, donde el dispositivo de planificación ajusta un contador de iteración (N) a dos. A continuación, el procedimiento 500 avanza a la etapa 540, donde el dispositivo de planificación agrupa el AP silenciado mediante la asignación de planificación seleccionada, en un conjunto de AP silenciados. A continuación, el procedimiento 500 avanza a la etapa 550, donde el dispositivo de planificación calcula el N-ésimo conjunto de asignaciones de planificación. Cada asignación de planificación en el conjunto N-ésimo de asignaciones de planificación silencia uno diferente de los AP restantes (por ejemplo, los AP excluidos del conjunto de AP silenciados) además del conjunto de AP silenciados.

Después, el procedimiento 500 avanza a la etapa 560, donde el dispositivo de planificación selecciona la asignación de planificación que tiene la máxima utilidad en el N-ésimo conjunto de asignaciones de planificación. Después, el

procedimiento 500 avanza a la etapa 560, donde el dispositivo de planificación determina si se ha cumplido un criterio de convergencia. En una realización, el criterio de convergencia se cumple cuando la diferencia entre las utilidades de las asignaciones de planificación seleccionadas durante la iteración actual y la iteración anterior no supera un umbral. En otra realización, el criterio de convergencia se cumple cuando la utilidad de la asignación de planificación seleccionada durante la iteración anterior supera la utilidad de la asignación de planificación seleccionada durante la iteración actual. En otra realización más, el criterio de convergencia se cumple después de un número predefinido de iteraciones, por ejemplo, cuando  $N >$  un umbral.

Si el criterio de convergencia no se cumple, entonces el contador de iteraciones (N) se incrementa en la etapa 580, después de lo cual el procedimiento 500 retorna a la etapa 540. A la inversa, si se estima que el criterio de convergencia se ha cumplido en la etapa 570, entonces el procedimiento 500 avanza a la etapa 590, donde el dispositivo de planificación solicita a la red inalámbrica que funcione de acuerdo con la asignación de planificación calculada que tiene la máxima utilidad. Esta puede ser habitualmente la asignación de planificación seleccionada durante la iteración final, o la asignación de planificación seleccionada durante la iteración inmediatamente anterior, en el caso de que exista una reducción en la utilidad durante la iteración final.

Las técnicas convencionales para mejorar la eficiencia energética en redes celulares simples de acceso múltiple por división de frecuencias ortogonales (en inglés, Orthogonal Frequency Division Multiple Access - OFDMA) no proporcionan ningún recurso con el objetivo de descarga de tráfico. Por el contrario, las técnicas convencionales mejoran la eficiencia energética considerando un modelo lineal de consumo de energía de estación base (en inglés, Base Station - BS). Los modelos utilizados por la técnica anterior no tienen en cuenta la capacidad de suspensión, y no aplican ni proporcionan silenciamiento de banda ancha. Se describen ejemplos de técnicas convencionales para aumentar la eficiencia energética en estaciones base mediante la publicación IEEE titulada 'Energy-Efficient Resource Allocation in OFDMA Networks,' (IEEE Transactions on Communications, volumen 60, número 12, diciembre de 2012), la publicación IEEE "Downlink Transmission Optimization Framework," (Vehicular Technology Conference (VTC Fall), 2012 IEEE, volumen, número, páginas 1,5, 3 a 6, septiembre de 2012) y la publicación IEEE "Traffic-aware base station doze in cooperative multi-cell systems," (2013 IEEE China Summit & International Conference volumen 394, número 398, páginas 6 a 10, julio de 2013).

En realizaciones, una RAN virtualizada puede obtener ahorro de energía llevando a cabo silenciamiento dinámico de banda ancha conjuntamente con planificación multipunto dinámica. La descarga dinámica puede ser una consecuencia de las técnicas de las realizaciones. Las realizaciones pueden descargar tráfico de control específico de usuario y de datos. Las realizaciones dan a conocer técnicas de optimización de baja complejidad que utilizan utilidades sensibles al consumo de energía con marcados gradientes ascendentes para llevar a cabo optimización conjunta. Las características de esta descripción dan a conocer técnicas nuevas de formulación de utilidades sensibles al consumo de energía. Las características pueden permitir a los operadores gestionar flexiblemente ahorro de energía y compromisos de rendimiento. Las características de esta descripción proporcionan soporte para cooperación de UE a través de comunicaciones dispositivo a dispositivo (D2D).

En realizaciones, un controlador puede estar configurado para maximizar una función de utilidad sensible al consumo de energía. Lo siguiente es un ejemplo de una función de utilidad sensible al consumo de energía:  $U = \sum_{k,n} U_{k,n} + \sum_{k,n} C_{k,n} + c \sum f(u_i, \sigma_i) P_i$ , donde  $\sum f(u_i, \sigma_i) P_i$  es el incentivo de silenciamiento (o la penalización de activación),  $u_i$  es la proporción de carga de datos,  $\sigma_i$  es la proporción de carga de control,  $c$  es el coeficiente de ahorro de energía,  $P_i$  es el ahorro de energía del punto de transmisión normalizado,  $U_{k,n}$  es la utilidad de datos de UE<sub>k</sub> en el recurso<sub>n</sub>, y  $C_{k,n}$  es la utilidad de control del UE<sub>k</sub> en el recurso<sub>n</sub>.

En algunas realizaciones, la función de utilidad sensible al consumo de energía modeliza los consumos de energía de diferentes tipos de TP en redes heterogéneas. Un componente de incentivo de silenciamiento de la función de utilidad sensible al consumo de energía puede incluir un parámetro ( $P_i$ ) que corresponde a la energía ahorrada normalizada por  $TP_i$  con respecto al consumo de energía máximo de la macro BS.

La función de utilidad sensible al consumo de energía puede utilizar 'proporciones de carga blandas' en base a cargas de tráfico predichas o asociaciones de UE blandas en cada TP. Una proporción de carga blanda de un TP podría ser, probablemente, que sea percibido como el mejor TP de servicio por la población de flujos activos. Una proporción de carga blanda de un TP podría asimismo ser las asociaciones blandas normalizadas de flujo-TP, considerando equilibrio de carga y ponderaciones de flujos activos. Esto puede corresponder a una versión dinámica de un cálculo de 'asociación de UE-TP blanda'. La función de utilidad sensible al consumo de energía puede presentar un único parámetro de control (por ejemplo, 'coeficiente de ahorro de energía') para ajustar el compromiso de ahorro de energía-rendimiento. La función de utilidad sensible al consumo de energía puede ser escalable para diferentes tamaños de grupos de TP y diferentes tamaños de conjuntos de UE, y puede ser aplicable a diferentes tipos de tráfico, por ejemplo, mejor esfuerzo, GBR, tasas de GBR objetivo, etc.

En realizaciones, la función de utilidad sensible al consumo de energía puede llevar a cabo silenciamiento de TP con utilidades de flujo cerrado. Por ejemplo, la función de utilidad puede descargar tráfico y señalización de control para conseguir un mayor ahorro de energía a partir de los TP con cargas instantáneas relativamente bajas.

En algunas realizaciones, el coeficiente de ahorro de energía se puede ajustar a un valor entre (por ejemplo), 2,5 y 3 para conseguir una mayor capacidad de sistema para tráfico CBR y cobertura mejorada y eficiencia energética para tráfico del mejor esfuerzo. Esto puede ser escalable a diferentes tamaños de grupos de TP, diferentes tamaños de conjuntos de UE, diferentes topologías y diferentes tasas CBR objetivo.

5 La figura 6 muestra una arquitectura de realización de red de acceso radio virtual (V-RAN) para conseguir descarga dinámica de tráfico y silenciamiento de TP utilizando comunicaciones dispositivo a dispositivo (D2D). Tal como se muestra, las señales de UL medidas se pueden originar a partir del UE o de los UE asistentes seleccionados del UE objetivo cuando se activa la cooperación de UE. Se pueden calcular utilidades de flujo basándose, por ejemplo, en la CQI del mejor UE asistente en el TP candidato. En dichos casos, se puede utilizar silenciamiento de banda ancha, descarga y planificación multipunto para explotar las capacidades D2D. Las utilidades de flujo mejoradas pueden crear más oportunidades de silenciamiento/descarga. Las características de esta descripción pueden explotar mecanismos de puesta en alerta explicados en la patente de EE.UU. provisional 18/631,104, presentada el 31 de marzo de 2014. En algunas realizaciones los TP silenciados en UL son activados periódicamente para mantener mediciones basadas en UL, tal como un mapa de asociaciones UE/TP. Los periodos de puesta en alerta pueden ser configurados por la red. Se pueden implementar asimismo puestas en alerta basadas en activación por evento, cuando un UE notifica un cambio significativo en la energía de interferencia de fondo de DL.

Las características de esta descripción pueden proporcionar técnicas de optimización de baja complejidad. Con tamaños de agrupamiento mayores, una búsqueda exhaustiva sobre todas las posibles hipótesis de silenciamiento puede ser relativamente compleja. Se da a conocer una técnica de realización de optimización de baja complejidad basada en el algoritmo de gradiente ascendente. El algoritmo puede comenzar cuando todos los TP están activados, y puede abarcar todas las ramas de un 'nodo brote'. Para cada rama, se evalúa cada vez un TP de un conjunto de TP activados, para determinar qué TP se debería silenciar. La evaluación puede comprender un silenciamiento virtualizado del TP para explorar una dimensión de una zona factible cada vez. Con la interferencia de TP silenciados suprimida, las utilidades de flujo se pueden actualizar para los TP activados, y enmascarar para el TP silenciado. Los resultados de la planificación se calculan para cada escenario, y para cada resultado de la planificación se calcula una utilidad de suma sensible al consumo de energía. Los algoritmos de la realización pueden fomentar el escenario virtual que tiene la utilidad de suma máxima para que sea la nueva 'solución titular'. El algoritmo se sigue ramificando a partir de la nueva titular para los TP no silenciados restantes, y se detiene cuando el silenciamiento degrada la utilidad de suma sensible al consumo de energía (o cuando la mejora incremental no supera un umbral). A continuación, se ejecuta la última 'solución titular' junto con su resultado de planificación de recursos. Las figuras 7A a 7B muestran diagramas de una técnica de optimización de baja complejidad para planificación de selección de punto dinámica (en inglés, Dynamic Point Selection - DPS). Más específicamente, la primera iteración de planificación DPS se muestra en la figura 7A, mientras que la iteración final de la planificación DPS se muestra en la figura 7B.

35 Existe un interés cada vez mayor en desarrollar redes inalámbricas de siguiente generación ecológicas con una huella de carbono mínima. De hecho, las redes inalámbricas ecológicas son una iniciativa global con enormes inversiones y un mercado prometedor. La iniciativa está dirigida asimismo a reducir los elevados gastos operativos (por sus siglas en inglés, OPEX) en que incurren los operadores de red móvil en términos de costes de electricidad, manteniendo al mismo tiempo el rendimiento de la red. Los estudios realizados sobre la estimación del consumo de energía de diversos componentes de las redes inalámbricas han mostrado que las estaciones base (base stations - BS), en general, consumen en torno al 80 % de la energía requerida para hacer funcionar una red celular. Dentro de esa parte principal, el consumo de los amplificadores de potencia de RF asciende al 55-60 % en el caso de las macro BS y a menos del 30 % en el caso de las micro BS y de los nodos de baja potencia. Los estudios han revelado asimismo que, sobre escalas de tiempo largas, solamente una pequeña fracción de los recursos/celdas en las redes existentes están inactivos. Mientras que sobre escalas de tiempo cortas, tal como en la escala de tiempo de un intervalo de tiempo de transmisión (en inglés, Transmission Time Interval - TTI), la gran mayoría de los recursos/celdas están a menudo inactivos. En tales cargas bajas, la eficiencia energética (en inglés, Energy Efficiency - EE) de los sistemas actuales es baja. Esto se debe a la sobrecarga de energía que consumen las BS independientemente de su nivel de carga distinta de cero. La situación empeora con el despliegue denso previsto de pequeñas celdas en las redes de siguiente generación, en un intento de proporcionar a los usuarios un servicio de acceso radio virtualmente continuo, en cualquier lugar y en cualquier momento. Junto a las características de RAN en la nube (CRAN) tales como retorno, potencia computacional y coordinación multipunto fuertes, tanto los datos como las señales de control específicas de UE pueden ser transmitidos desde cualquier conjunto optimizado de TP, lo que conduce a una RAN virtualizada (en inglés, Virtualized RAN - VRAN) completamente, desde el punto de vista del UE. En algunas realizaciones, el UE no podrá diferenciar entre los TP que se han agrupado para proporcionarle servicio. Además, la cooperación de UE asistida por la red conduce a una virtualización de los UE desde el punto de vista de la red. Por lo tanto, la VRAN es más capaz que las RAN tradicionales de adoptar un enfoque de 'siempre disponible' eficiente en energía/coste en lugar de un enfoque de diseño 'siempre conectado'.

Las características de esta descripción dan a conocer un esquema de silenciamiento de banda ancha dinámico y descarga de tráfico dinámica, eficientes energéticamente/en costes, que utiliza las características de nube de la VRAN. El esquema favorece la hipótesis de silenciamiento con mayor ahorro a partir de TP relativamente con menos carga. Las características de esta descripción explotan el despliegue de celdas pequeñas y la coordinación multipunto, de tal modo que las cargas son descargadas de manera oportunista a los TP adyacentes para mejorar su eficiencia energética/en costes. Esto se consigue mediante técnicas conjuntas de silenciamiento de banda ancha y planificación

5 multipunto, de baja complejidad, que optimizan una utilidad de realizaciones eficiente en energía/costes. La formulación de utilidad de las realizaciones tiene en cuenta los modelos de consumo de energía de diferentes TP, el actual coste económico o ambiental por unidad de energía, y las 'proporciones de carga blandas' (en inglés, Soft Loading Ratios - SLR) predichas del TP. Se introduce un 'coeficiente de ahorro de energía' (en inglés, Energy Saving Coefficient - ESC) para permitir al operador ajustar en el tiempo el compromiso de ahorro-rendimiento en zonas de

10 Un modelo de sistema de realización se puede basar en variaciones de tráfico a largo plazo. Una unidad de gestión de red/ingeniería de tráfico puede seleccionar un subconjunto de TP a desconectar por completo, y puede dividir el resto de la red en grupos de TP para una optimización dinámica mediante los controladores centrales (en inglés, Central Controllers - CC). Dentro de un grupo heterogéneo de TP,  $M$ , el CC optimiza dinámicamente el silenciamiento de banda ancha de DL junto con la transmisión multipunto, por ejemplo, planificación, formación de haces, o control de energía por sub-banda para los TP no silenciados. Pueden existir conexiones de retorno fuertes. Sobre la red central, la unidad de gestión actualiza el CC con el punto de funcionamiento deseado a partir, por ejemplo, de la zona geográfica y la hora del día. Además, se pueden proporcionar al CC parámetros de consumo de energía específicos por tipo, modelo y vendedor, tras el registro del TP con la VRAN. Por medio de mediciones periódicas de enlace ascendente desde el conjunto de los UE que tienen paquetes para recibir, es decir, los UE activos,  $K_a$ , se estima la interferencia potencial cocanal de enlace descendente.

Un TP puede ser alimentado mediante fuentes de energía híbridas, por ejemplo, energía de la red eléctrica, diesel, solar o eólica. El CC está al corriente del tipo de energía que el TP<sub>*i*</sub> consume a través de alguna señalización desde la fuente de energía/fuente de energía interrumpida del TP. Los valores asociados de los costes económicos o ambientales por unidad de energía,  $\delta_i(t) \forall i \in M$ , se proporcionan al CC sobre la red central si se desean ahorros en costes, frente a ahorro de energía puro. Si no, la información se proporciona a través de la conexión a la red eléctrica inteligente. Basándose en mediciones experimentales, el modelo de consumo de energía de un TP se puede aproximar a un modelo lineal, y se puede extender para capturar la coordinación multipunto, como sigue:  $P_i(t) = \alpha_i P_{i,tx}(t) + P_{i,c}(t) + P_{i,p}(t)$ , (1), donde  $P_i(t)$  indica el consumo de energía total de TP<sub>*i*</sub> durante el intervalo de transmisión t-ésimo de duración T segundos, mientras que  $P_{i,p}(t)$  es la potencia de procesamiento y de retorno en función del tamaño del grupo de TP y del tráfico de retorno, respectivamente. El parámetro de la pendiente  $\alpha$  escala la potencia de transmisión de RF total,  $P_{i,tx}(t)$ , para representar el comportamiento dependiente de la carga del amplificador de potencia. Para un TP del estado de la técnica, la potencia de los circuitos  $P_{i,c}(t)$ , conmuta entre dos niveles (alto y bajo) en base a la carga de RF como sigue:

$$P_{i,c}(t) = \begin{cases} P_{i,h}, & P_{i,tx}^{max} \geq P_{i,tx}(t) > 0, \\ P_{i,l}, & P_{i,tx}(t) = 0. \end{cases} \quad (2).$$

35 Mientras para un TP tradicional, por ejemplo, sin hardware de 'no suspensión', el consumo de energía de los circuitos puede permanecer a un nivel alto, por ejemplo,  $P_{i,c}(t) = P_{i,h}, P_{i,tx}^{max} \geq P_{i,tx}(t) \geq 0$ . Suponiendo un tráfico de retorno casi constante debido a CoMP mientras se utiliza un grupo de TP de tamaño fijo, cuando se descarga completamente el tráfico de un TP del estado de la técnica, o no existen temporalmente flujos activos que este tenga que servir, su consumo de energía total se reduce a un mínimo constante, es decir,  $P_i(t) = P_{i,sleep} = P_{i,l} + P_{i,cnst}$ . Sin embargo, para un TP tradicional, la energía total consumida  $P_i(t) = P_{i,0} = P_{i,h} + P_{i,cnst}$ . La EE de la red a largo plazo es un indicador clave del rendimiento para un ahorro de energía puro y se define como la proporción entre el caudal total de la red sobre la ventana de tiempo de  $\Delta$  segundos y la energía total consumida por todos los TP en la red dentro de dicha ventana de

tiempo, como sigue:  $EE = \frac{\sum_{t,k} r_k(t).T}{\sum_{t,i} P_i(t).T}$  [bits/Julio], (3) donde  $r_k$  es el caudal del usuario  $k$  durante el t-ésimo intervalo. Cuando se desea ahorro de costes, se puede utilizar en cambio la eficiencia de costes a largo plazo y se define como sigue:

45  $CE = \frac{\sum_{t,k} r_k(t).T}{\sum_{t,i} P_i(t).T.\delta_i(t)}$  [bits/\$] o [bits/Kg CO<sub>2</sub>], (4) donde la suma de caudales es sobre el conjunto de todos los usuarios admitidos en la red y la suma de energía es sobre todos los TP. Sin embargo, debido a limitaciones de espacio, este documento se limita a los resultados a eficiencia energética pura, de tal modo que se puede estudiar el impacto de los diferentes componentes de la formulación sensible al consumo de energía.

50 Las características de esta descripción dan a conocer una nueva formulación de utilidad de eficiencia en energía/costes. En cualquier asignación instantánea, el CC podría maximizar idealmente la siguiente función de utilidad eficiente en energía/coste sobre todas las posibles hipótesis de silenciamiento de banda ancha,  $\{\pi_i\}, 0 \leq i \leq L = 2^{|M|} - 1$ ,  $U_{EA}(t, \pi) = \sum_{k \in K_a, n \in N} U_{k,n}(SMP(t, \pi)) + c \sum_{i \in M} (\mu_i(t, K_a)) S_i(P_{i,tx}(t), \delta_i)$ . (5) En este caso,  $SMP(t, \pi)$  es la función de planificación multipunto que asigna conjuntamente los UE a haces de servicio en cada sub-banda  $n \in N$ , y calcula los precodificadores de transmisión y las máscaras de energía para los TP no silenciados de hipótesis  $\pi_i$  para

maximizar la suma de utilidades de flujo por sub-banda. Se podría utilizar la utilidad de flujo eficiente en QoE para planificar video a petición almacenado en memoria tampón y tráfico de mejor esfuerzo, por ejemplo. El vector de energías de transmisión de RF de banda ancha,  $P_{b,t}(t)$ , se calcula por lo tanto correspondientemente para las hipótesis de silenciamiento. El segundo término actúa como un incentivo de silenciamiento o una penalización de activación y se activa ajustando el ESC,  $c > 0$ . Cuanto mayor sea el ESC, más agresivo es el esquema en silenciamiento de TP y conservación de energía/coste, maximizando al mismo tiempo la utilidad sensible al consumo de energía de  $U_{EA}$ . Mientras que  $f(\cdot)$  es una función decreciente normalizada positiva de la SLR  $\mu_i(t, K_a)$ , que se asemeja a la probabilidad instantánea de que TP<sub>i</sub> sea percibido como un potencial TP de servicio por la población dinámicamente variable de los flujos activos  $K_a$  en base a la geometría y las relaciones de requisitos de caudal. Se debe observar que, considerando la escala de tiempo de la optimización dinámica, la notación temporal ha sido adoptada para parámetros a largo plazo, ESC, y el coste actual por unidad de energía,  $\delta_i$ . La función de ahorro  $0 \leq S_i(\dots) \leq 1$  calcula el ahorro de energía/de coste normalizado con respecto a un valor de referencia máximo, es decir, el producto del ahorro de energía de macro BS máximo alcanzable,  $P_{Macro}^{max} = \max_{i \in Macro} \{P_i^{max} - P_{i,sleep}\}$ , y el coste máximo por unidad de energía,  $\delta_{max} = \max_{i \in M} \{\delta_i\}$ . Por lo tanto,  $S_i(P_{i,b,t}(t), \delta_i)$  se puede expresar como sigue para optimización orientada a ahorro de costes:

$$S_i(P_{i,b,t}(t), \delta_i) = \frac{(P_i^{max} - P_i(t)) \delta_i}{P_{Macro}^{max} \cdot \delta_{max}} \quad \forall i \in M, \quad (6)$$

mientras que para ahorro de energía puro,  $\delta_i = 1 \quad \forall i \in M$ . De este modo, cada TP en el agrupamiento tendría una ponderación de silenciamiento de banda ancha dinámico que es proporcional a su probabilidad de descargar su tráfico y a su ahorro de energía/de coste. La normalización permite al operador ajustar el rango de funcionamiento del ESC en base a la naturaleza de las utilidades de flujo utilizadas, independientemente del tamaño de los grupos de TP, el tamaño de los conjuntos de UE y la distribución de los UE.

Las características de esta descripción dan a conocer un algoritmo de optimización de baja complejidad. Con tamaños de grupos grandes de TP, por ejemplo, despliegue denso de celdas pequeñas, una búsqueda exhaustiva de todas las posibles hipótesis de silenciamiento de banda ancha se hace prohibitivamente compleja. Por lo tanto, se contempla un algoritmo de baja complejidad basado en un enfoque de gradiente ascendente.

La figura 8 muestra un diagrama de flujo de un procedimiento de realización para conseguir silenciamiento/planificación de TP de baja complejidad. El procedimiento de la realización comienza a partir de la solución inicial de 'todos encendidos' y expande todas las ramas de este 'nodo brote'. Para cada rama, se examina cada vez un TP de todos los posibles  $|M|$  TP (TP agrupados excluyendo los que se mantiene en alerta para transmitir señales de difusión y sincronización) para el silenciamiento de banda ancha. La función de utilidad sensible al consumo de energía propuesta se calcula dentro del módulo de trazos que abarca la suma de utilidades de flujo de planificación CoMP y el término de incentivo de silenciamiento, tal como en (5) y (6). El algoritmo promociona la hipótesis (rama) con la máxima suma de utilidades para que sea la nueva 'solución titular', que es el nuevo nodo brote para posterior ramificación después de eliminar de la lista el TP silenciado. A través del bucle exterior, el algoritmo continúa con los restantes TP no silenciados y termina cuando se obtiene convergencia, es decir, no hay más mejoras en la utilidad de suma eficiente energéticamente. Se ejecutan los resultados de planificación CoMP y la hipótesis silenciamiento de banda ancha de la última solución titular. Por lo tanto, el algoritmo requiere como mucho  $(|M|^2 + |M|)/2 - 1$  iteraciones exteriores sobre cálculos de planificación CoMP e incentivos de silenciamiento, en caso de que no se haya obtenido convergencia en una etapa anterior. En una realización, un controlador de red funciona sobre un grupo de puntos de transmisión, que puede ser un agrupamiento o un conjunto candidato especificado por la capa de red. Un algoritmo conjunto de silenciamiento de banda ancha y selección de punto dinámico puede ser utilizado por el controlador de red para analizar la parte de datos del tráfico. Las BS sin UE planificados se pasarán a un 'modo de suspensión', y su consumo de energía se puede reducir. Las utilidades de flujo están basadas en picos de flujo, y los parámetros utilizados para el cálculo de ponderaciones no se actualizan cuando se cumple un flujo CBR. En realizaciones, el algoritmo podría maximizar la siguiente función de utilidad:  $U = \sum_{k,n} U_{k,n} + c \sum_{i \in Muted} (1 - u_i) P_i$ , donde  $u_i$  es la proporción de carga de datos,  $c$  es el coeficiente de ahorro de energía y  $P_i$  es el consumo de energía de punto de transmisión normalizado.

La figura 9 muestra gráficos que representan un análisis de capacidad del sistema para una tasa de bits constante objetivo de un megabyte por segundo (Mbps) para estaciones base del estado de la técnica. La figura 10 muestra gráficos que representan un análisis de capacidad del sistema para una tasa de bits constante objetivo de un megabyte por segundo (Mbps) para estaciones base futuras, por ejemplo, estaciones base con mayores capacidades que las estaciones base del estado de la técnica.

Las características de esta descripción dan a conocer una arquitectura RAN virtualizada que puede conseguir ahorro de energía en la red a través de silenciamiento de banda ancha dinámico con planificación multipunto dinámica. La descarga dinámica puede ser una consecuencia de las técnicas de realizaciones dadas a conocer en el presente documento. Las características pueden descargar tanto tráfico de control específico de usuario como de datos. Las técnicas de optimización de baja complejidad pueden proporcionar una utilidad sensible al consumo de energía utilizando un algoritmo de gradiente ascendente.

Las características proporcionan formulaciones de utilidad sensible al consumo de energía de realizaciones. Las características proporcionan flexibilidad para que un operador encuentre un equilibrio entre ahorro de energía y rendimiento. Las características utilizan cooperación de UE mediante D2D para descargar tráfico y proporcionar ahorro de energía.

- 5 Los esquemas propuestos pueden funcionar de maneras dinámicas. Las técnicas de optimización de baja complejidad dadas a conocer en la presente memoria pueden evitar la enorme complejidad computacional que se produce cuando se aplican técnicas convencionales a redes que tienen grandes tamaños de agrupamientos, grandes conjuntos de usuarios o planificación CoMP avanzada.

- 10 Los resultados de simulaciones con DPS muestran que evitar el incentivo de silenciamiento/penalización de activación permite a las redes de las realizaciones superar a las redes DPS sin silenciamiento, proporcionando al mismo tiempo ganancias significativas de capacidad y de eficiencia energética.

- 15 Las características de esta descripción pueden descargar tráfico tanto de datos como de control. Las características de esta descripción pueden conseguir redes inalámbricas con huellas de carbono menores, que son eficientes en costes y aumentan significativamente la capacidad del sistema (el número de usuarios satisfechos). Se pueden reducir los gastos operativos por medio de un consumo de energía reducido. Las realizaciones pueden reducir asimismo los gastos de inversión al reducir los costes de diseño asociados con el provisionamiento excesivo de una red de control siempre conectada. Las ventajas proporcionadas por las técnicas de las realizaciones pueden ser ampliadas sustancialmente por avances en tecnología de hardware. Las características pueden ser dinámicamente adaptativas con las cargas de tráfico presentadas, y pueden ser capaces de controlar independientemente operaciones de DL y de UL.

- 20 Las características de esta descripción dan a conocer señalización que permite mediciones de UL de los UE asistentes, para soportar cooperación de UE. Las características dan a conocer un procedimiento para la descarga dinámica de tráfico de control específico de usuario o de datos, conjuntamente con silenciamiento de banda ancha de TP de red inalámbrica, para eficiencia energética por medio de virtualización de acceso radio (V-RA). Las formulaciones de utilidad sensible al consumo de energía de las realizaciones pueden justificar los modelos de consumo de energía de diferentes tipos de TP, calcular proporciones de carga blandas para cada TP en base a carga de tráfico prevista/asociación flujo-TP blanda, para solamente los flujos activos en el interior de la V-RAN. Las realizaciones pueden presentar un único parámetro de control, 'coeficiente de ahorro de energía', para que los operadores ajusten el compromiso de ahorro de energía-rendimiento, independientemente del tamaño del grupo de TP, el tamaño del conjunto de UE o el tráfico. Las realizaciones pueden soportar cooperación de UE por medio de D2D para señales de medición de UL del UE o los UE asistentes, y realizando descarga y planificación multipunto en base a la CQI del TUE o de su mejor UE asistente en el TP o los TP candidatos. Las realizaciones de esta descripción ofrecen técnicas de optimización de baja complejidad que utilizan una utilidad sensible al consumo de energía junto con un algoritmo de gradiente ascendente para llevar a cabo silenciamiento de banda ancha junto con planificación multipunto dinámica.

- 35 La figura 11 muestra un diagrama de un modelo de consumo de energía explicado en el artículo de IEEE Wireless Communications titulado "How much energy is needed to run a wireless network? ", IEEE Wireless Communications, ". La figura 12 muestra gráficos de dicho modelo de consumo de energía.

- 40 La figura 13 muestra un diagrama, un gráfico y una tabla de un modelo de consumo de energía dependiente de la carga, para estaciones base. En este modelo, las potencias de salida de radiofrecuencia de la estaciones base macro y micro son, respectivamente, cuarenta vatios y un vatio.

- 45 Las figuras 14A a 14C muestran simulaciones de caudal para técnicas de realizaciones de esta descripción. Las simulaciones se crearon utilizando los siguientes parámetros de simulación comunes: tamaño de agrupamiento CRAN: 1, 3, 9 y 21 celdas; SU MIMO 2x2; diversidad de transmisión; potencia de transmisión de estación base de transmisión máxima de cuarenta vatios; modelo lineal para consumo de energía eléctrica utilizando postprocesador Matlab (para todos los escenarios, cualquier BS sin UE planificado se considerará en 'modo de suspensión' y su consumo de energía será reducido); B=10 MHz; 10 RBGs; 5 RBs/RBG; CQI perfecta; ancho de banda OLLA fijo. Las simulaciones se crearon de acuerdo con los escenarios siguientes: 630 UE bajo carga regular; 236 UE bajo carga ligera (1/5 de la población regular); descarte de UE (basado en geometría) tanto uniforme como no uniforme con patrón aleatorizado (en cada sitio de 3 celdas, se elige aleatoriamente una celda para que sea la que tiene la máxima densidad); receptor de UE configurado para MMSE; el modelo de tráfico fue memoria tampón completa con emulación CBR; los esquemas simulados incluyen SU-MIMO de celda única; DPS SU-MIMO; silenciamiento de banda ancha y DPS SU-MIMO conjuntos; coeficiente de ahorro de energía de cero (utilidad de solamente PF) y {0,1, 0,3, 0,5, 0,7, 0,9, 1, 1,5, 2, 2,5, 3, 4, 5,10} (incentivo de silenciamiento/penalización de activación sensible al consumo de energía). La figura 15 muestra un diagrama de resultados de escenarios de simulación.

- 55 Las figuras 16A a 16C muestran configuraciones de red para silenciamiento de TP y planificación DPS que aprovechan las comunicaciones D2D entre los UE objetivo y asistentes. Las características de esta descripción proporcionan mecanismos de señalización y bases de datos de referencia para conseguir conjuntamente silenciamiento de banda ancha y planificación multipunto. En una realización, se puede considerar ahorro de energía absoluto. En esta realización, en el primer registro con la red, un TP señala sus parámetros de consumo de energía al controlador

central o bien señala un identificador correspondiente a su tipo/vendedor/modelo en una base de datos actualizada que reside en el controlador central o en la red central. El procedimiento se puede iniciar tras la unión a una nueva configuración de grupo de TP para informar al nuevo controlador central.

5 En otra realización, se puede considerar ahorro de energía económico/ambiental junto con el coste actual por unidad de energía. En esta realización, el TP detecta, y señala a su procesador el tipo de energía que se está consumiendo. Esta detección puede activarse tras la inicialización y basarse en eventos en la conmutación entre fuentes. El TP envía a continuación una indicación de tipo al controlador central, que recupera el coste actual por unidad de energía de una base de datos actualizada local o remota.

10 En otra realización, una entidad de gestión de red de capa superior ajusta un parámetro de 'coeficiente de ahorro de energía'. La gestión de red decide el compromiso de rendimiento-ahorro, ajustando y señalizando el coeficiente de ahorro de energía (ESC) para cada grupo de TP en base a la zona, el día de la semana y la hora del día.

15 Las características de esta descripción proporcionan ventajas sobre los esquemas convencionales. La figura 17 muestra una estructura de trama de red de frecuencia única de difusión-multidifusión (MBSFN) de esquemas DTX convencionales. Tal como se muestra, las transmisiones son silenciadas en una parte de (por ejemplo, seis de diez) subtramas MSBPN en una trama de radio, para reducir el consumo de energía de la estación base. Los detalles del esquema DTX se explican en el artículo de Vehicular Technology Conference (VTC) titulado "Reducing Energy Consumption in LTE with Cell DTX," (2011 IEEE 73rd, volumen 1, número 5, páginas 15 a 18, mayo de 2011).

20 La figura 18 muestra una arquitectura de red de generación ecológica más allá de celular (BCG2) convencional, en la que la red se divide en una red solamente de datos, donde los puntos de transmisión de datos se pueden activar a petición, y una red solamente de control, donde los puntos de transmisión de control funcionan siempre. La arquitectura BCG2 se explica en mayor detalle mediante la publicación de Wireless Communications and Networking Conference Workshops (WCNCW) titulada "Energy saving: Scaling network energy efficiency faster than traffic growth" (2013 IEEE WCNCW, volumen 12, número 17, páginas 7 a 10, abril de 2013).

25 La figura 19 muestra una arquitectura de red de celda fantasma convencional para una celda pequeña macro-asistida, en la que el plano C y el plano U están divididos entre las celdas macro y pequeña en diferentes bandas de frecuencia. La arquitectura de red de celda fantasma se explica en mayor detalle en el documento titulado "RAN Evolution Beyond Release 12," (LTE World Summit, 2013).

30 La figura 20 muestra un diagrama de bloques de un sistema de procesamiento que puede ser utilizado para implementar los dispositivos y procedimientos dados a conocer en la presente memoria. Los dispositivos específicos pueden utilizar todos los componentes mostrados, o solamente un subconjunto de los componentes, y los niveles de reintegración pueden variar de un dispositivo a otro. Además, un dispositivo puede contener múltiples instancias de un componente, tal como múltiples unidades de procesamiento, procesadores, memorias, transmisores, receptores, etc. El sistema de procesamiento puede comprender una unidad de procesamiento equipada con uno o varios dispositivos de entrada/salida, tales como un altavoz, micrófono, ratón, pantalla táctil, teclado numérico, teclado, impresora, pantalla y similares. La unidad de procesamiento puede incluir una unidad central de procesamiento (en inglés, Central Processing Unit - CPU), memoria, un dispositivo de almacenamiento masivo, un adaptador de video y una interfaz E/S conectada a un bus.

35 El bus puede ser uno o varios de cualquier tipo de diversas arquitecturas de bus que incluyen un bus de memoria o controlador de memoria, un bus periférico, bus de video o similares. La CPU puede comprender cualquier tipo de procesador electrónico de datos. La memoria puede comprender cualquier tipo de memoria de sistema, tal como una memoria de acceso aleatorio estática (en inglés, Static Random Access Memory - SRAM), memoria de acceso aleatorio dinámica (en inglés, Dynamic Random Access Memory - DRAM), DRAM síncrona (por sus siglas en inglés, SDRAM), memoria de sólo lectura (en inglés, Read-Only Memory - ROM), una combinación de las mismas, o similares. En una realización, la memoria puede incluir ROM para utilizar en el arranque, y DRAM para almacenamiento de programas y datos para utilizar durante la ejecución de programas.

40 El dispositivo de almacenamiento masivo puede comprender cualquier tipo de dispositivo de almacenamiento masivo configurado para almacenar datos, programas y otra información, y para hacer accesibles los datos, programas y otra información por medio del bus. El dispositivo de almacenamiento masivo puede comprender, por ejemplo, una o varias de una unidad de estado sólido, una unidad de disco duro, una unidad de disco magnético, una unidad de disco óptico o similares.

45 El adaptador de video y la interfaz E/S proporcionan interfaces para acoplar dispositivos externos de entrada y salida a la unidad de procesamiento. Tal como se muestra, los ejemplos de dispositivos de entrada y salida incluyen la pantalla acoplada al adaptador de video y el ratón/teclado/impresora acoplados a la interfaz de E/S. Se pueden acoplar otros dispositivos a la unidad de procesamiento, y se pueden utilizar más o menos tarjetas de interfaz. Por ejemplo, se puede utilizar una interfaz en serie, tal como bus universal en serie (en inglés, Universal Serial Bus - USB) (no mostrado) para proporcionar una interfaz para una impresora.

55 La unidad de procesamiento incluye asimismo una o varias interfaces de red, que pueden comprender conexiones cableadas, tal como un cable Ethernet o similar, o conexiones inalámbricas a nodos de acceso o redes diferentes. La

interfaz de red permite a la unidad de procesamiento comunicarse con unidades remotas por medio de las redes. Por ejemplo, la interfaz de red puede proporcionar comunicación inalámbrica a través de uno o varios transmisores/antenas de transmisión, y uno o varios receptores/antenas de recepción. En una realización, la unidad de procesamiento está acoplada a una red de área local o una red de área extensa para procesamiento de datos y comunicaciones con dispositivos remotos, tales como otras unidades de procesamiento, internet, instalaciones de almacenamiento remoto, o similares.

La figura 21 muestra un diagrama de bloques de una realización de un dispositivo de comunicaciones 2100, que puede ser equivalente a uno o varios dispositivos (por ejemplo, UE, NB, etc.) explicados anteriormente. El dispositivo de comunicaciones 2100 puede incluir un procesador 2104, una memoria 2106, una interfaz celular 2110, una interfaz suplementaria 2112 y una interfaz de retorno 2114, que pueden (o no) estar dispuestas tal como se muestra en la figura 21. El procesador 2104 puede ser cualquier componente que pueda realizar cálculos u otras tareas relacionadas con el procesamiento, y la memoria 2106 puede ser cualquier componente que pueda almacenar programas o instrucciones para el procesador 2104. La interfaz celular 2110 puede ser cualquier componente o colección de componentes que permita al dispositivo de comunicaciones 2100 comunicarse utilizando una señal celular, y se puede utilizar para recibir o transmitir información sobre una conexión celular de una red celular. La interfaz suplementaria 2112 puede ser cualquier componente o colección de componentes que permita al dispositivo de comunicaciones 2100 comunicarse con datos o información de control por medio de un protocolo suplementario. Por ejemplo, la interfaz suplementaria 2112 puede ser una interfaz inalámbrica no celular para comunicación de acuerdo con un protocolo de fidelidad inalámbrica (Wi-Fi) o Bluetooth. Alternativamente, la interfaz suplementaria 2112 puede ser una interfaz cableada. La interfaz de retorno 2114 puede opcionalmente estar incluida en el dispositivo de comunicaciones 2100, y puede comprender cualquier componente o colección de componentes que permita al dispositivo de comunicaciones 2100 comunicarse con otro dispositivo a través de una red de retorno.

Aunque la descripción se ha realizado en detalle, se debe comprender que se pueden realizar varios cambios, sustituciones y alteraciones, sin apartarse del alcance de esta invención, tal como se define por las reivindicaciones adjuntas. Además, no se prevé que el alcance de esta invención se limite a las realizaciones particulares descritas en el presente documento, dado que un experto en la materia apreciará fácilmente a partir de esta descripción que procesos, máquinas, fabricación, composiciones, medios, procedimientos o etapas, existentes actualmente o que se desarrollen posteriormente, pueden llevar a cabo sustancialmente la misma función o conseguir sustancialmente el mismo resultado que las correspondientes realizaciones descritas en la presente memoria. Por consiguiente, se prevé que las reivindicaciones adjuntas incluyen dentro de su alcance dichos procesos, máquinas, fabricación, composiciones, medios, procedimientos o etapas.

Aunque esta invención se ha descrito haciendo referencia a realizaciones ilustrativas, esta descripción no pretende construirse con un sentido limitativo. Diversas modificaciones y combinaciones de las realizaciones ilustrativas, así como otras realizaciones de la invención, serán evidentes para los expertos en la materia haciendo referencia a la descripción. Por lo tanto, se prevé que las reivindicaciones adjuntas abarquen cualesquiera de dichas modificaciones o realizaciones.

**REIVINDICACIONES**

1. Un procedimiento (300) de planificación energética eficiente por medio de silenciamiento de banda ancha de un punto de transmisión, TP, comprendiendo el procedimiento:
- 5 determinar una asignación de planificación inicial (310) para una red de acceso radio en la nube, CRAN, que comprende una pluralidad de puntos de acceso, AP, asignando la asignación de planificación inicial una pluralidad de equipos de usuario, UE, a los AP durante un intervalo de tiempo;
- 10 seleccionar, a partir de la pluralidad de AP, por lo menos un primer AP (320) para que funcione en un modo de suspensión durante el intervalo de tiempo, en donde el primer AP es silenciado en banda ancha cuando funciona en el modo de suspensión, y en donde la asignación de planificación inicial asigna los UE de un primer subconjunto de UE al primer AP durante el intervalo de tiempo;
- reasignar los UE del primer subconjunto de UE (330) a uno o varios AP de la pluralidad de AP durante, por lo menos, una parte del intervalo de tiempo, obteniendo de ese modo una asignación de planificación modificada, en donde dichos uno o varios AP excluyen el primer AP;
- caracterizado por:
- 15 determinar si la asignación de planificación modificada mejora una utilidad de planificación (340); y,
- si la asignación de planificación modificada proporciona una mejora de la utilidad sobre la asignación de planificación inicial, dar instrucciones a dichos uno o varios AP para que funcionen de acuerdo con la asignación modificada (350) durante la parte del intervalo de tiempo, en donde el primer AP funciona en un modo de suspensión durante la parte del intervalo de tiempo.
- 20 2. El procedimiento (300) según la reivindicación 1, en el que la asignación de planificación modificada asigna cada uno de los UE del subconjunto de UE a los AP de dichos uno o varios AP, sin asignar ningún UE al primer AP.
3. El procedimiento (300) según la reivindicación 2, en el que el subconjunto de UE incluye por lo menos un UE activo configurado para comunicar datos de forma inalámbrica en la CRAN durante el intervalo de tiempo, y
- 25 en el que reasignar los UE del primer subconjunto de UE a otros AP de la pluralidad de AP comprende modificar la asignación de planificación inicial para reasignar dicho por lo menos un UE activo desde el primer AP a un segundo AP de la pluralidad de AP durante el intervalo de tiempo.
4. El procedimiento (300) según la reivindicación 3, en el que la asignación de planificación inicial asigna el UE activo al primer AP durante el intervalo de tiempo, y en el que la asignación de planificación modificada asigna el UE activo a un segundo AP durante el intervalo de tiempo, y opcionalmente, en el que un primer canal inalámbrico entre el UE activo y el primer AP proporciona una conexión radio de mayor calidad, y opcionalmente soporta mayores velocidades de transferencia de datos, que un segundo canal inalámbrico entre el UE activo y el segundo AP.
- 30 5. El procedimiento (300) según la reivindicación 4, en el que un primer canal inalámbrico que se extiende entre el UE activo y el primer AP contribuye a una mejora global de la utilidad sensible al consumo de energía sumada mayor que la de un segundo canal inalámbrico.
- 35 6. Un aparato (2100), que comprende:
- un procesador (2104); y
- un medio de almacenamiento legible por ordenador (2106) que almacena programación para su ejecución por el procesador, incluyendo la programación instrucciones para:
- 40 determinar una asignación de planificación inicial para una red de acceso radio en la nube, CRAN, que comprende una pluralidad de puntos de acceso, AP, asignando la asignación de planificación inicial una pluralidad de equipos de usuario, UE, a los AP durante un intervalo de tiempo;
- seleccionar, a partir de la pluralidad de AP, por lo menos un primer AP para que funcione en un modo de suspensión durante el intervalo de tiempo, donde el primer AP es silenciado en banda ancha cuando funciona en el modo de suspensión, y en donde la asignación de planificación inicial asigna los UE de un primer subconjunto de UE al primer AP durante el intervalo de tiempo;
- 45 reasignar los UE del primer subconjunto de UE a uno o varios AP de la pluralidad de AP durante, por lo menos, una parte del intervalo de tiempo, obteniendo de ese modo una asignación de planificación modificada, donde dichos uno o varios AP excluyen el primer AP;
- caracterizado por que la programación incluye además instrucciones para:
- 50 determinar si la asignación de planificación modificada mejora una utilidad de planificación; y,

si la asignación de planificación modificada proporciona una mejora de la utilidad sobre la asignación de planificación inicial, dar instrucciones a dichos uno o varios AP para que funcionen de acuerdo con la asignación modificada durante la parte del intervalo de tiempo, en donde el primer AP funciona en un modo de suspensión durante la parte del intervalo de tiempo.

- 5 7. El aparato según la reivindicación 6, en el que la asignación de planificación modificada asigna cada uno de los UE del subconjunto de UE a los AP en dichos uno o varios AP, sin asignar ningún UE al primer AP.
8. El aparato según la reivindicación 7, en el que el subconjunto de UE incluye, por lo menos, un UE activo configurado para comunicar datos de forma inalámbrica en la CRAN durante el intervalo de tiempo, y
- 10 en el que las instrucciones para reasignar los UE del primer subconjunto de UE a otros AP de la pluralidad de AP comprenden las instrucciones para modificar la asignación de planificación inicial para reasignar dicho por lo menos un UE activo, desde el primer AP a un segundo AP de la pluralidad de AP durante el intervalo de tiempo.
- 15 9. El aparato según la reivindicación 8, en el que la asignación de planificación inicial asigna el UE activo al primer AP durante el intervalo de tiempo, y en el que la asignación de planificación modificada asigna el UE activo a un segundo AP durante el intervalo de tiempo, y opcionalmente, en el que un primer canal inalámbrico entre el UE activo y el primer AP proporciona una conexión radio de mayor calidad, y opcionalmente soporta mayores velocidades de transferencia de datos, que un segundo canal inalámbrico entre el UE activo y el segundo AP.
10. El aparato según la reivindicación 9, en el que un primer canal inalámbrico que se extiende entre el UE activo y el primer AP contribuye a una mejora global de la utilidad sensible al consumo de energía sumada mayor que la de un segundo canal inalámbrico.
- 20 11. Un medio no transitorio legible por ordenador, que almacena instrucciones informáticas que, cuando son ejecutadas por uno o varios procesadores, hacen que dichos uno o varios procesadores:
- determinen una asignación de planificación inicial para una red de acceso radio en la nube, CRAN, que comprende una pluralidad de puntos de acceso, AP, asignando la asignación de planificación inicial una pluralidad de equipos de usuario, UE, a los AP durante un intervalo de tiempo;
- 25 seleccionen, a partir de la pluralidad de AP, por lo menos un primer AP para que funcione en un modo de suspensión durante el intervalo de tiempo, en donde el primer AP es silenciado en banda ancha cuando funciona en el modo de suspensión, y en donde la asignación de planificación inicial asigna los UE de un primer subconjunto de UE al primer AP durante el intervalo de tiempo;
- 30 reasignen los UE del primer subconjunto de UE a uno o varios AP de la pluralidad de AP durante, por lo menos, una parte del intervalo de tiempo, obteniendo de ese modo una asignación de planificación modificada, en donde dichos uno o varios AP excluyen el primer AP;
- caracterizado por que las instrucciones informáticas hacen además que dichos uno o varios procesadores:
- determinen si la asignación de planificación modificada mejora una utilidad de planificación; y,
- 35 si la asignación de planificación modificada proporciona una mejora de la utilidad sobre la asignación de planificación inicial, den instrucciones a dichos uno o varios AP para que funcionen de acuerdo con la asignación modificada durante la parte del intervalo de tiempo, en donde el primer AP funciona en un modo de suspensión durante la parte del intervalo de tiempo.
12. El medio según la reivindicación 11, en el que la asignación de planificación modificada asigna cada uno de los UE del subconjunto de UE a los AP en dichos uno o varios AP, sin asignar ningún UE al primer AP.
- 40 13. El medio según la reivindicación 12, en el que el subconjunto de UE incluye, por lo menos, un UE activo configurado para comunicar datos de forma inalámbrica en la CRAN durante el intervalo de tiempo, y
- en el que las instrucciones hacen además que dichos uno o varios procesadores modifiquen la asignación de planificación inicial para reasignar dicho por lo menos un UE activo del primer AP a un segundo AP de la pluralidad de AP durante el intervalo de tiempo.
- 45 14. El medio según la reivindicación 8, en el que la asignación de planificación inicial asigna el UE activo al primer AP durante el intervalo de tiempo, y en el que la asignación de planificación modificada asigna el UE activo a un segundo AP durante el intervalo de tiempo, y opcionalmente, en el que un primer canal inalámbrico entre el UE activo y el primer AP proporciona una conexión radio de mayor calidad, y opcionalmente soporta mayores velocidades de transferencia de datos, que un segundo canal inalámbrico entre el UE activo y el segundo AP.
- 50 15. El medio según la reivindicación 9, en el que un primer canal inalámbrico que se extiende entre el UE activo y el primer AP contribuye a una mejora global de la utilidad sensible al consumo de energía sumada mayor que la de un segundo canal inalámbrico.

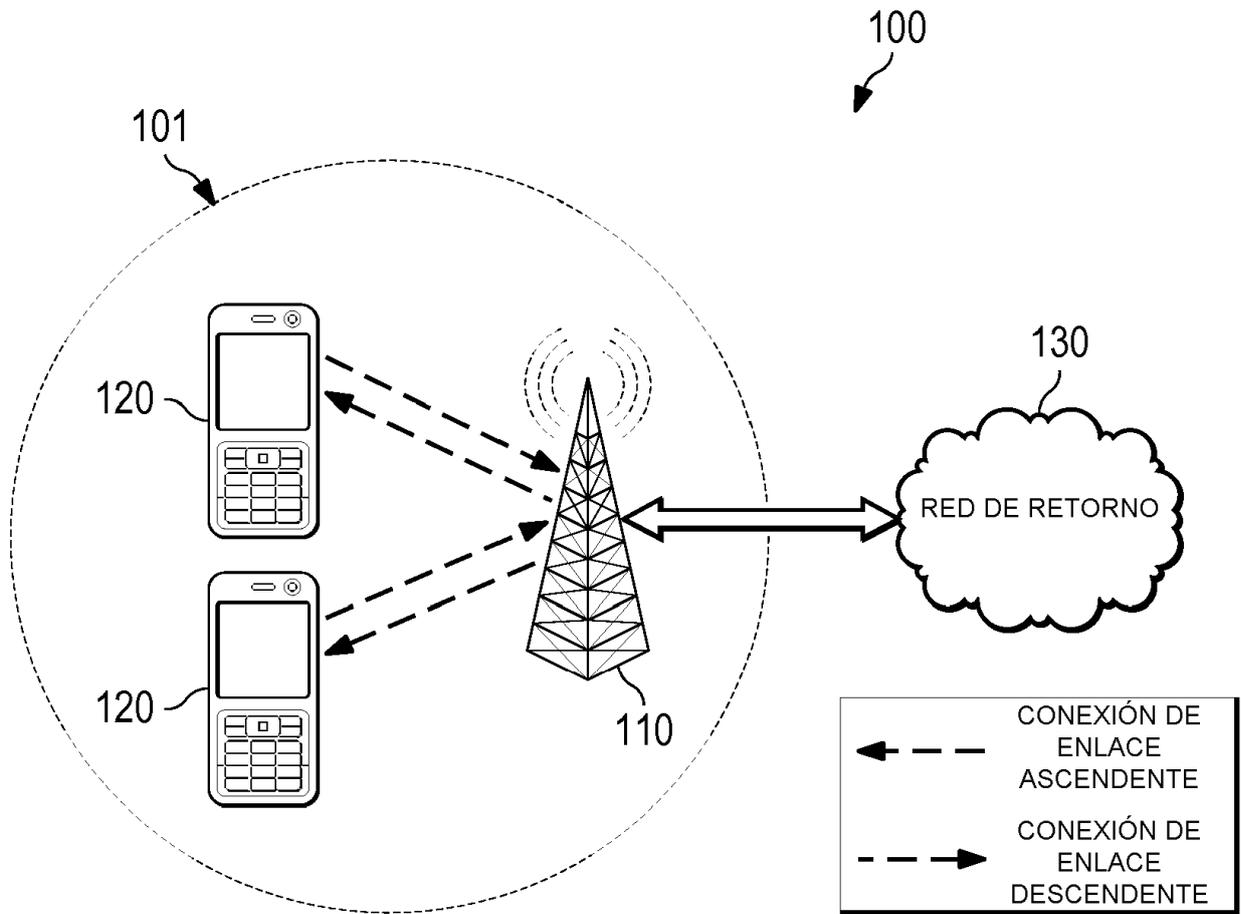


FIG. 1

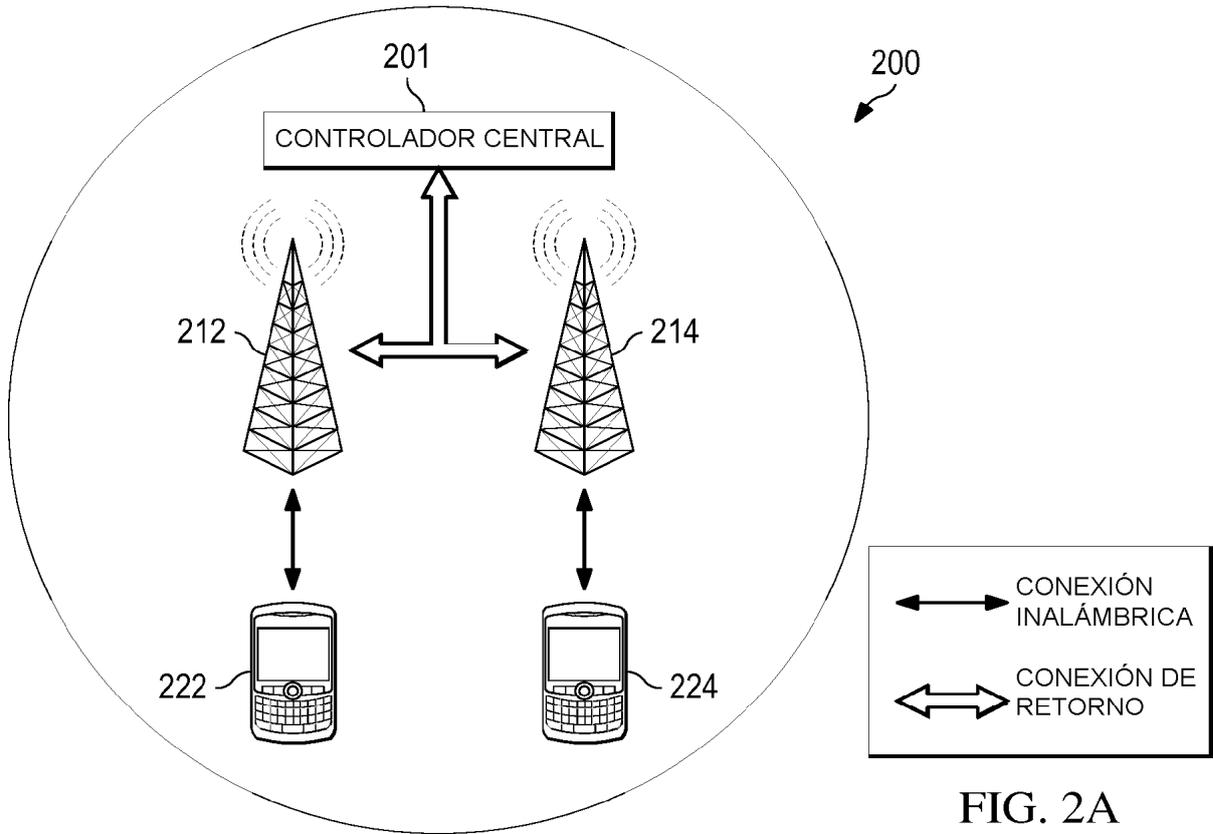


FIG. 2A

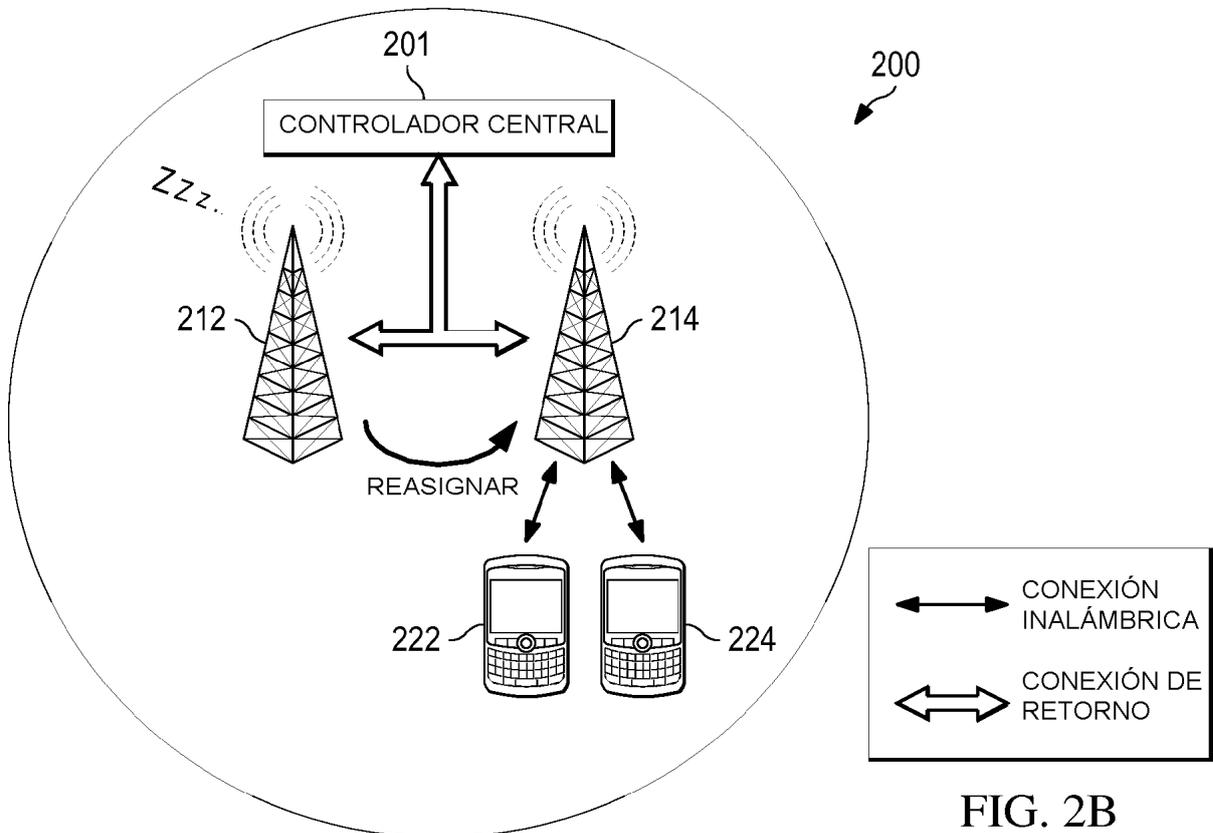


FIG. 2B

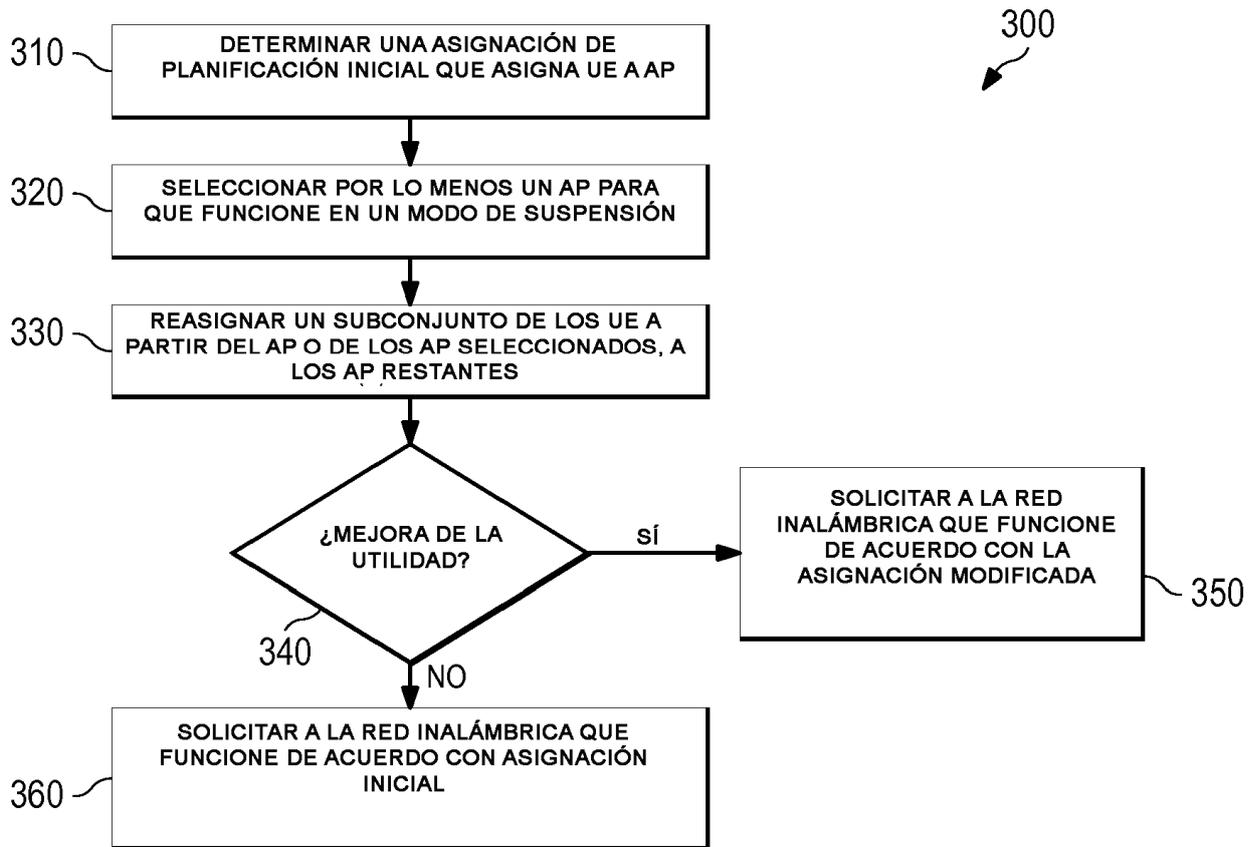


FIG. 3

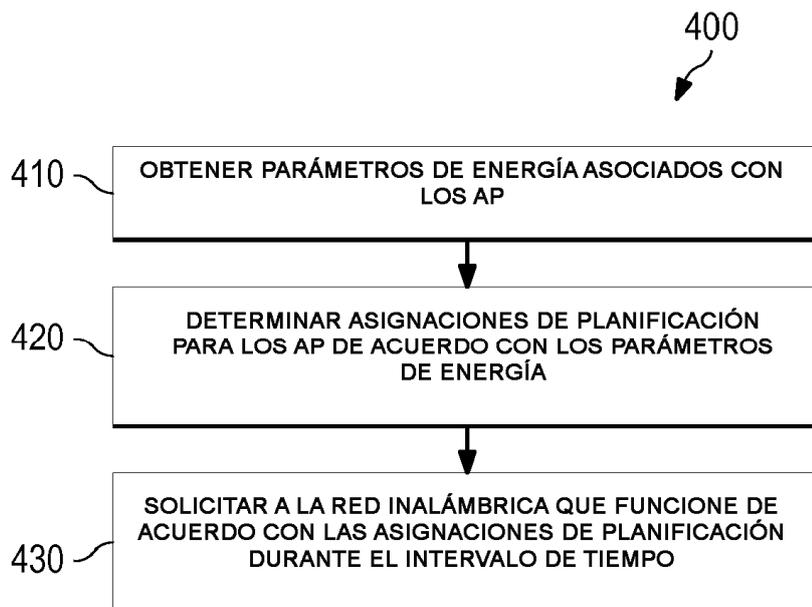


FIG. 4

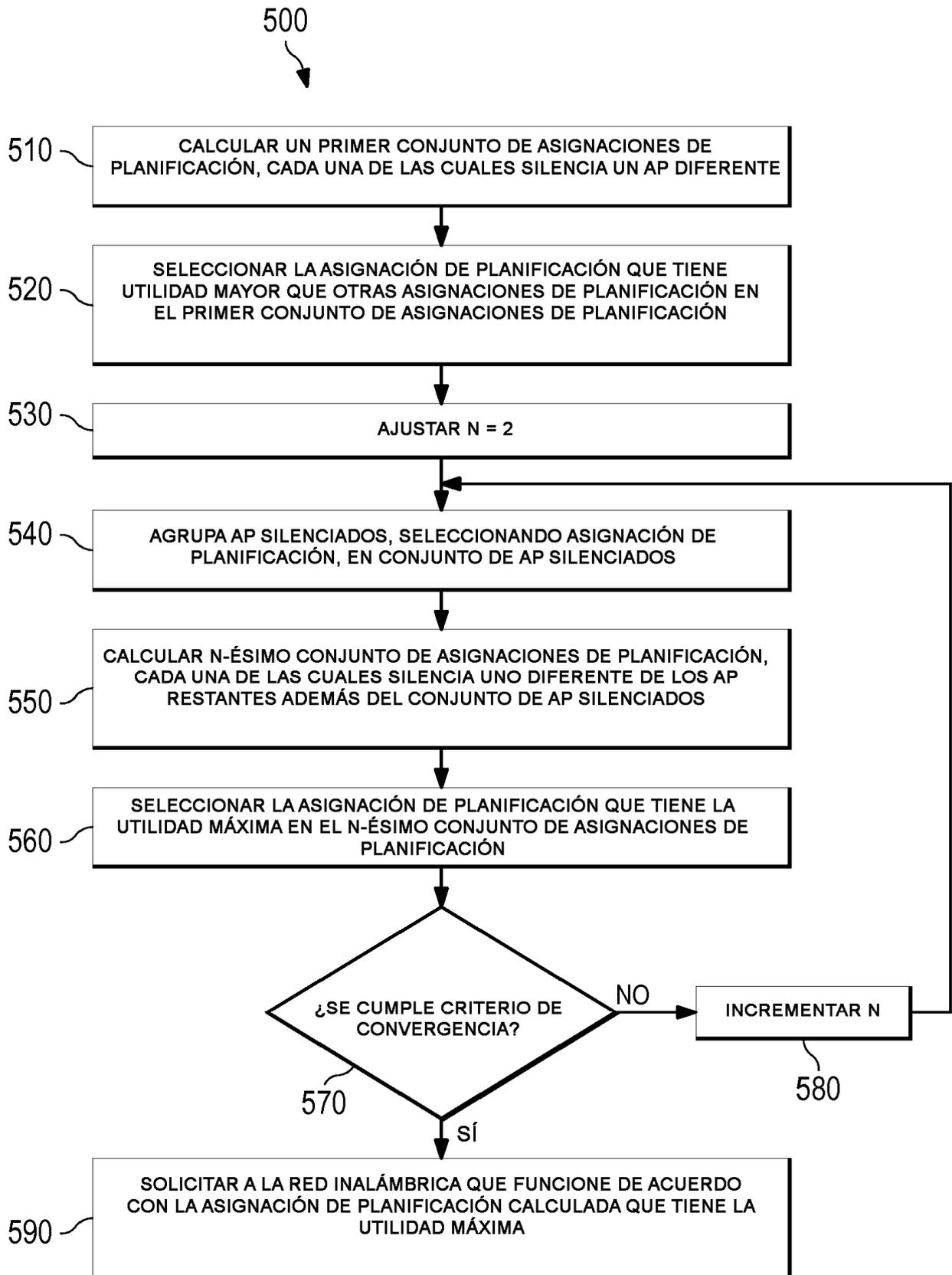


FIG. 5

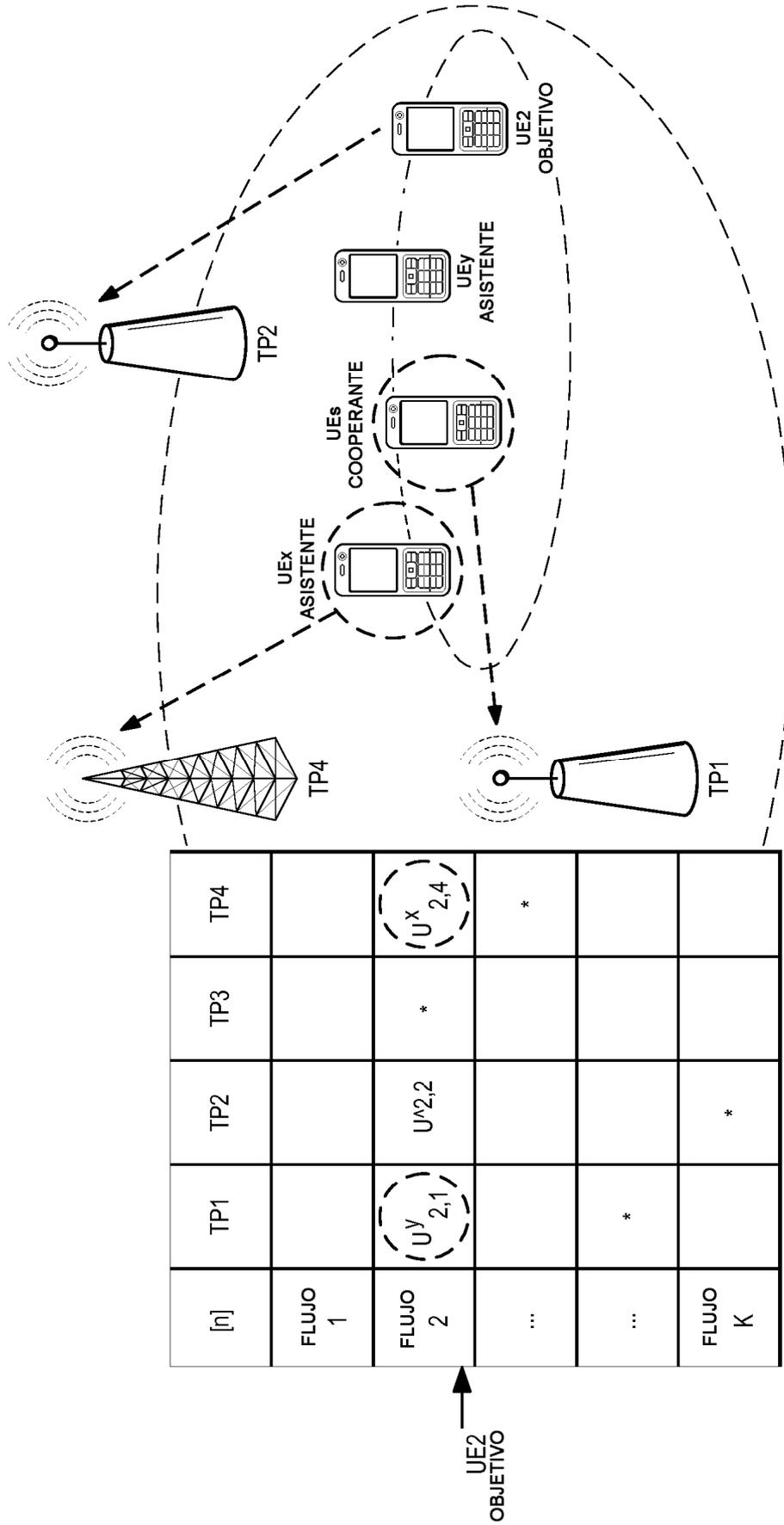


FIG. 6

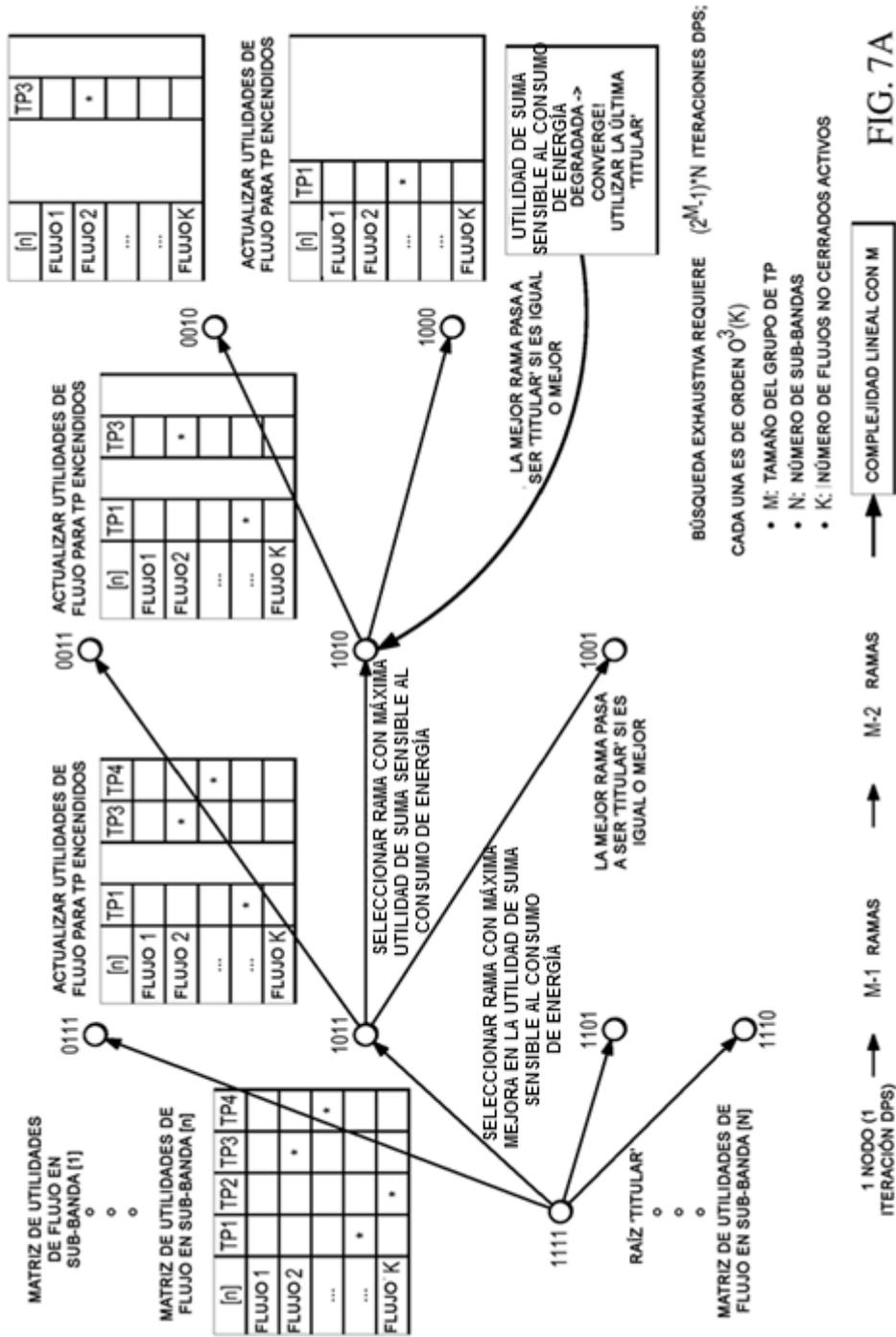
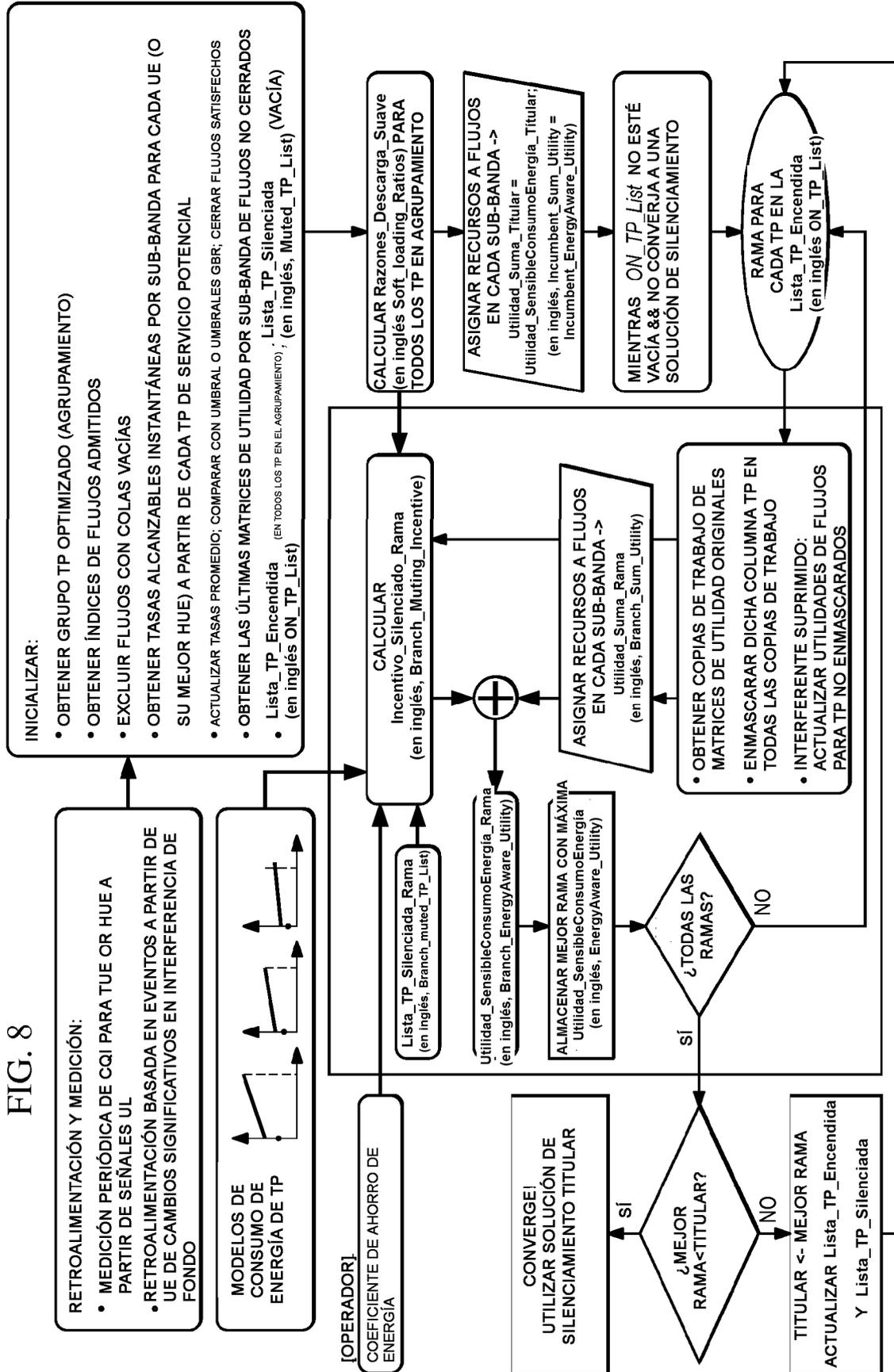


FIG. 7A



FIG. 8



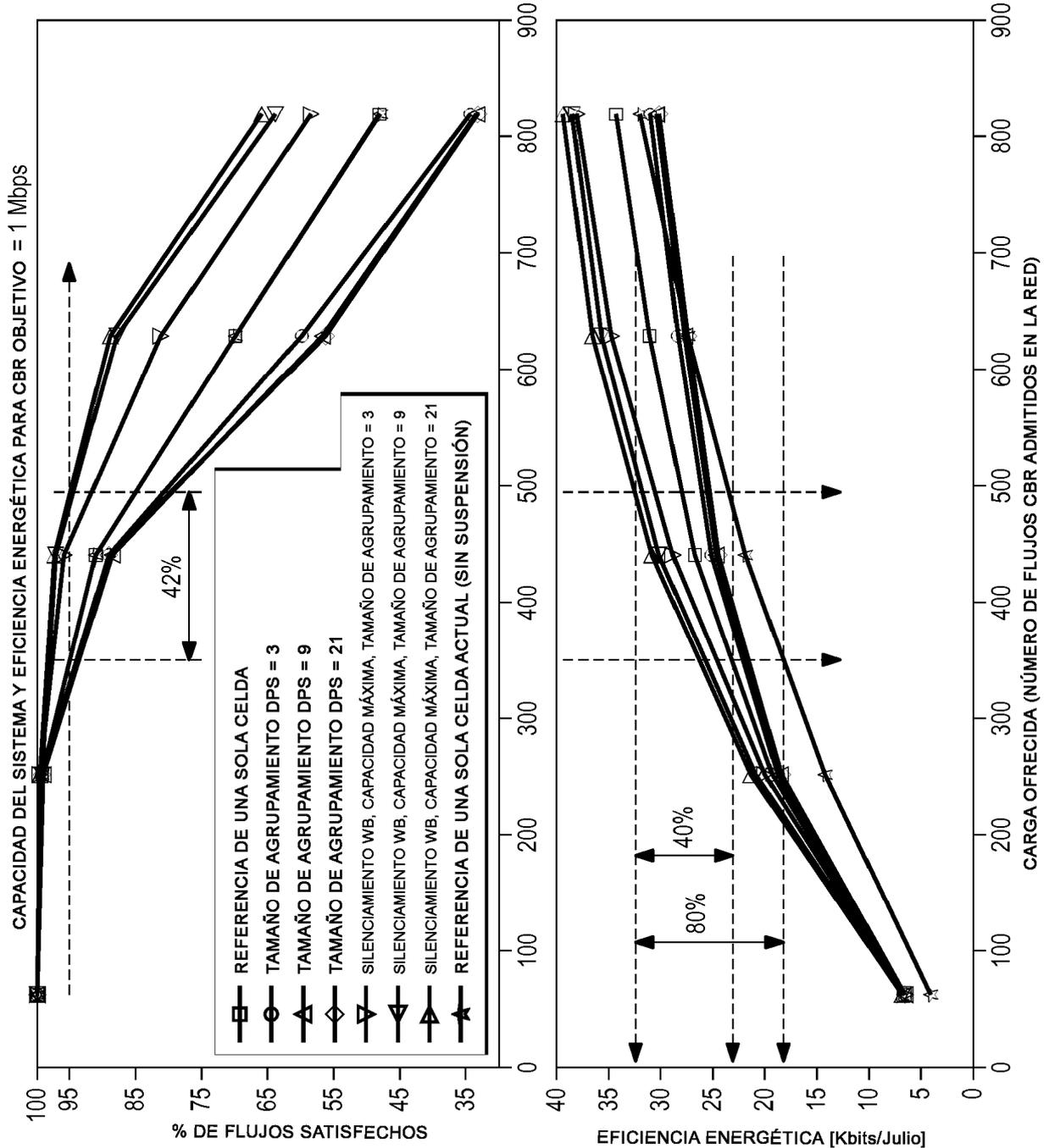


FIG. 9

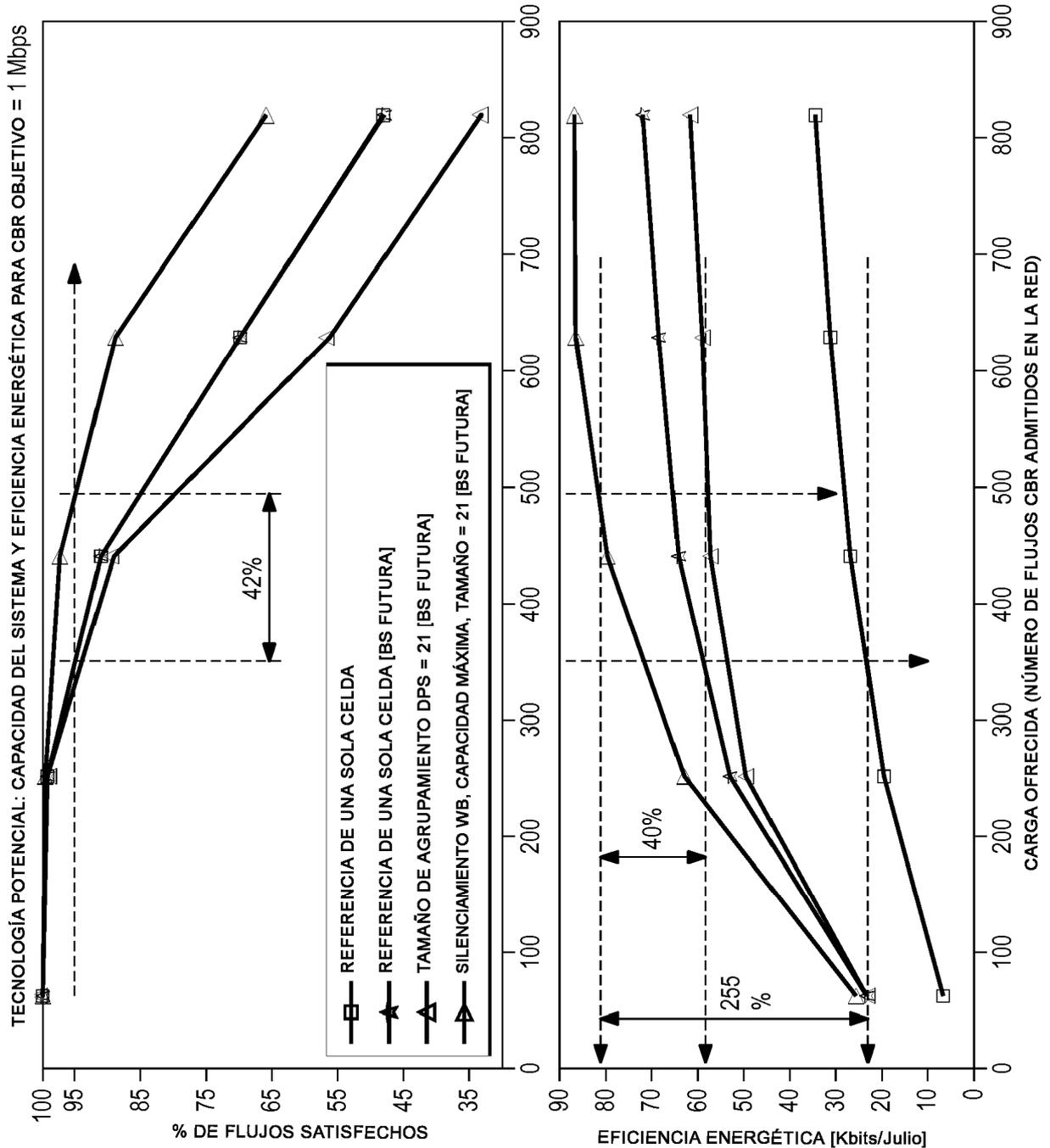


FIG. 10

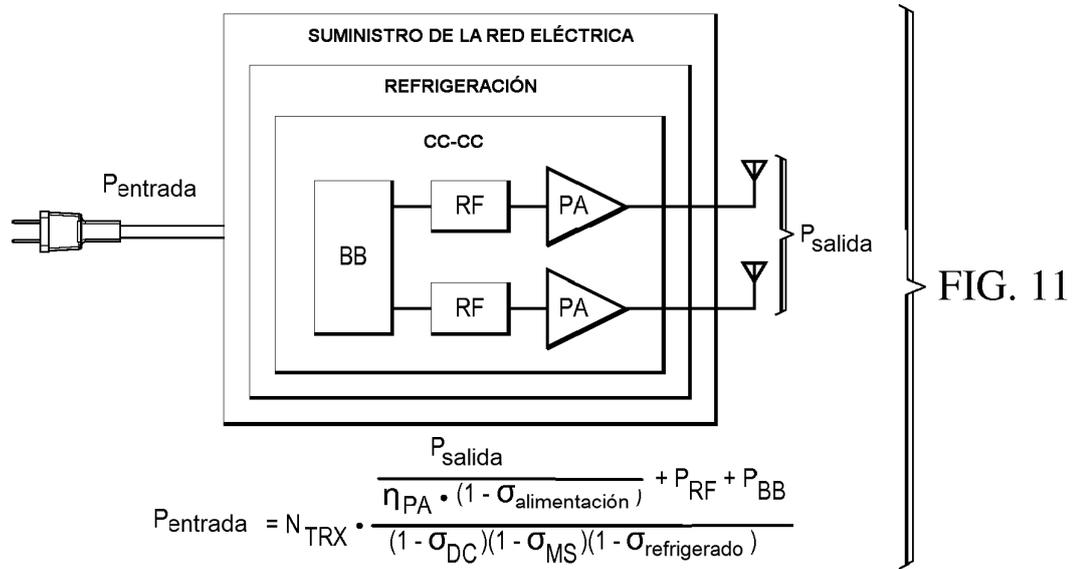
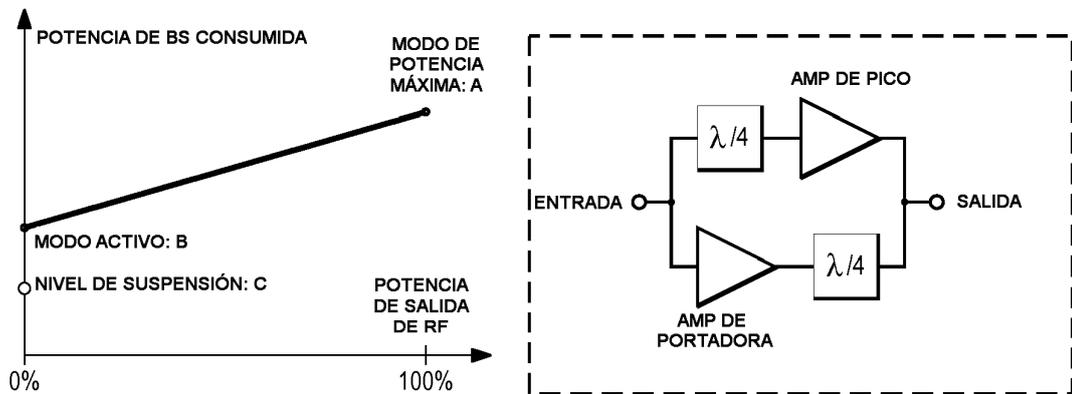


FIG. 11



MODELOS DE ESTACIÓN BASE	VALOR DE CONSUMO DE POTENCIA [W]		
	A	B	C
R1-114336 MACRO	450	260	150
R1-114336 PICO	97,7	96,2	62
MACRO FUTURA BASADA EN MEJORAS TERRESTRES	225	85	34
PICO FUTURA BASADA EN MEJORAS TERRESTRES	91	69	23

FIG. 13

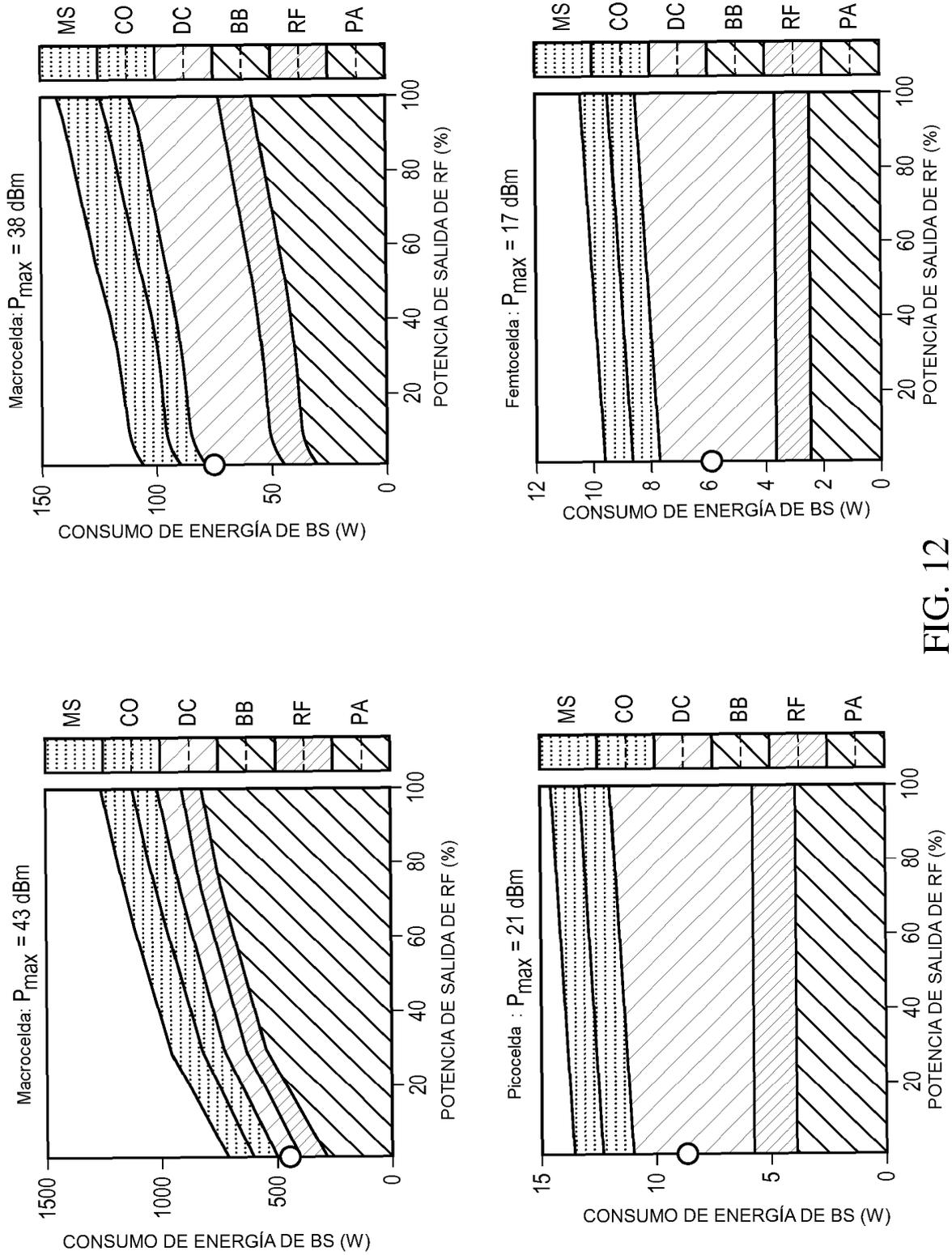


FIG. 12

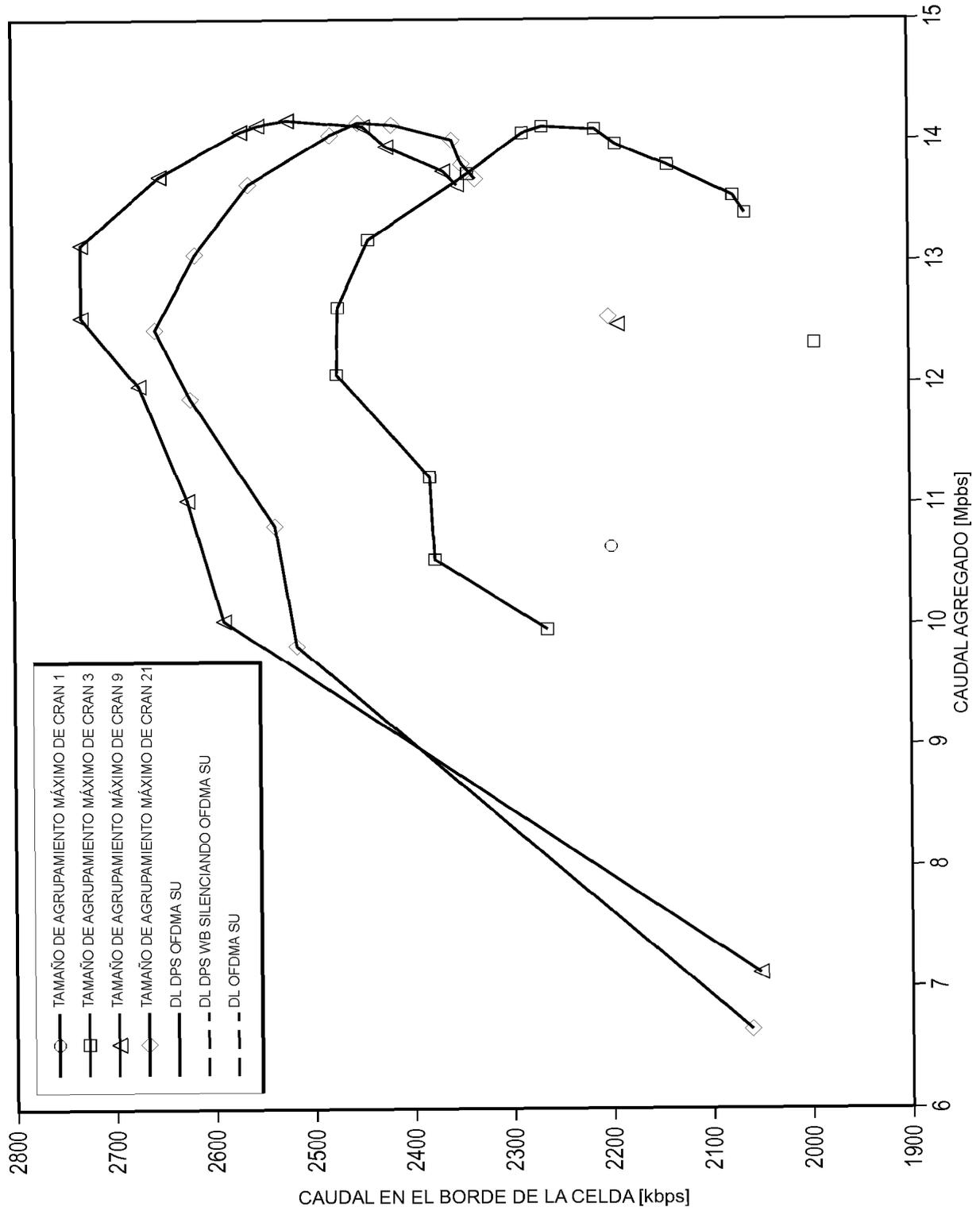


FIG. 14A

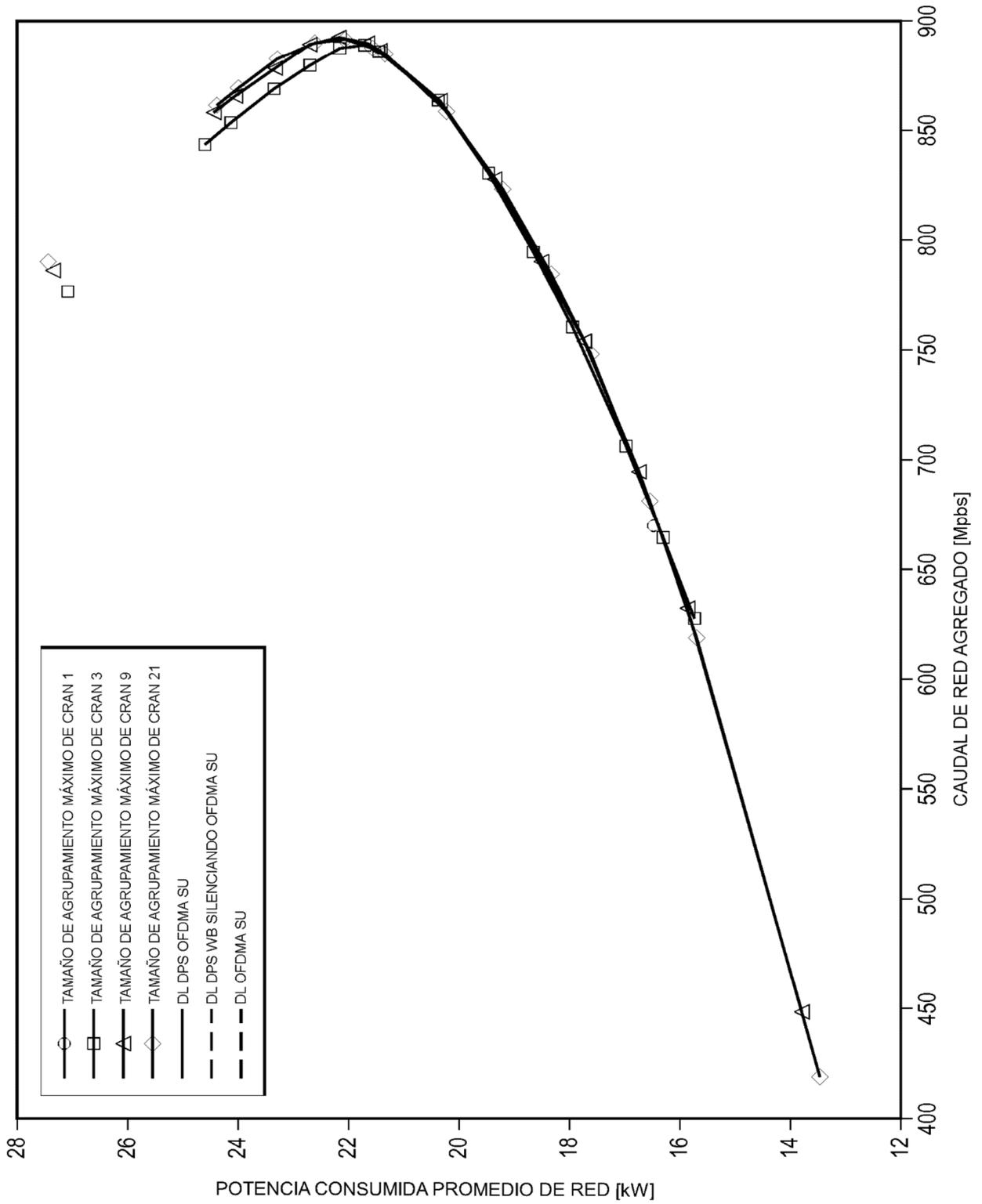
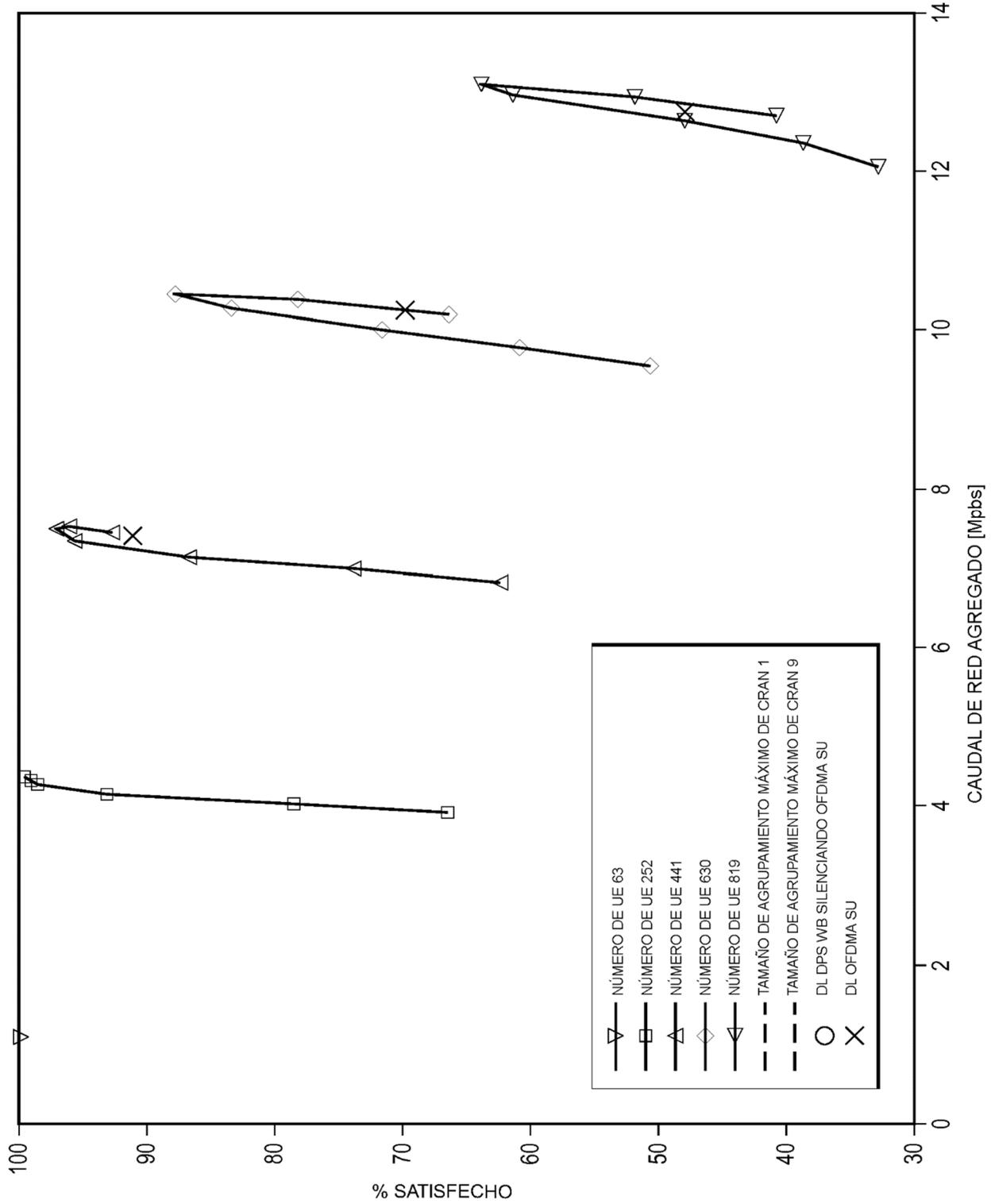


FIG. 14B

FIG. 14C



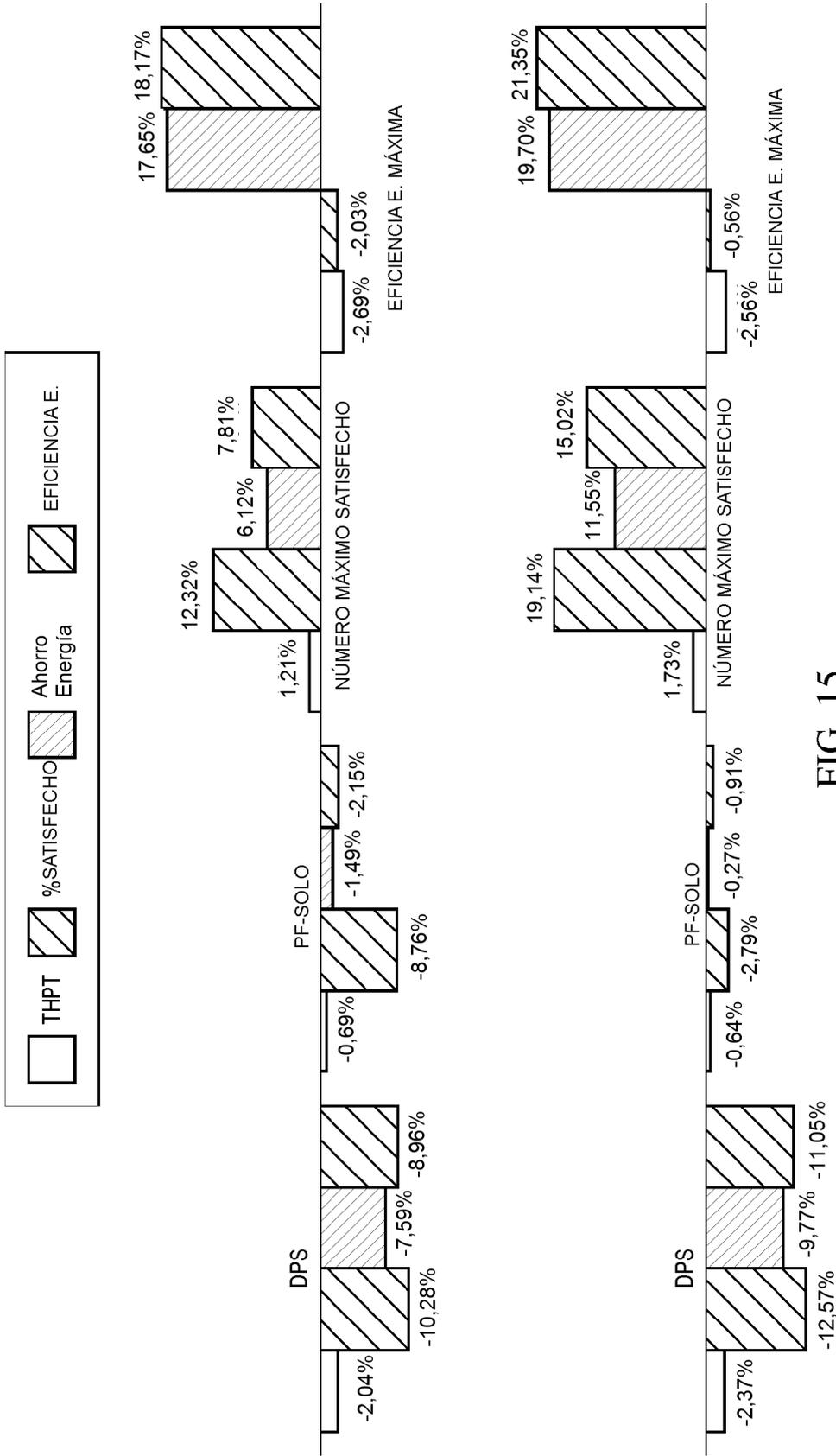


FIG. 15

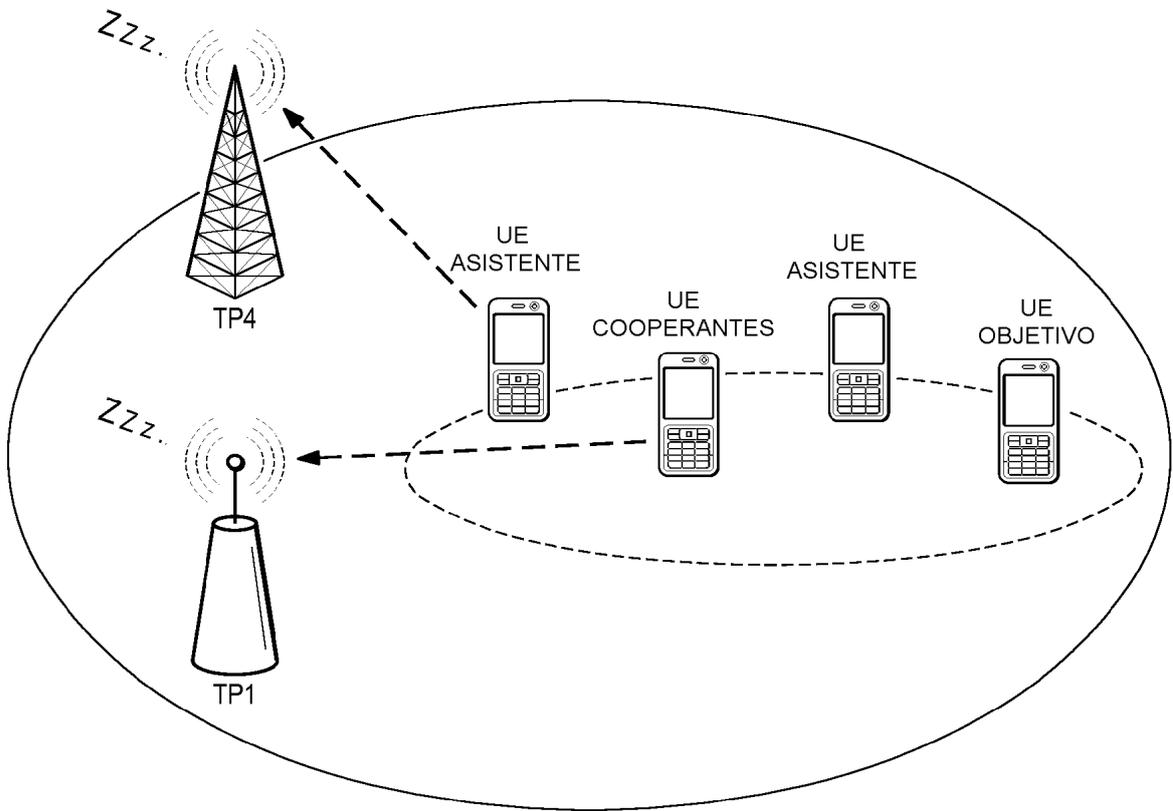


FIG. 16A

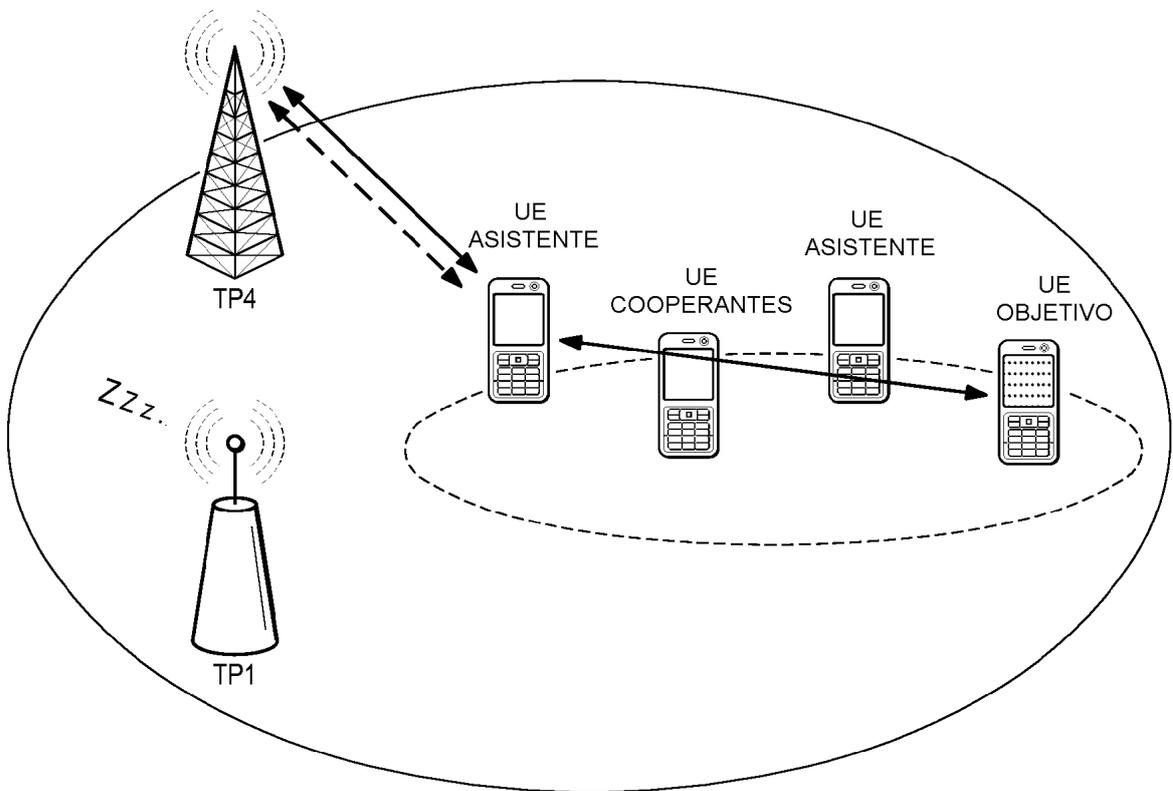


FIG. 16B

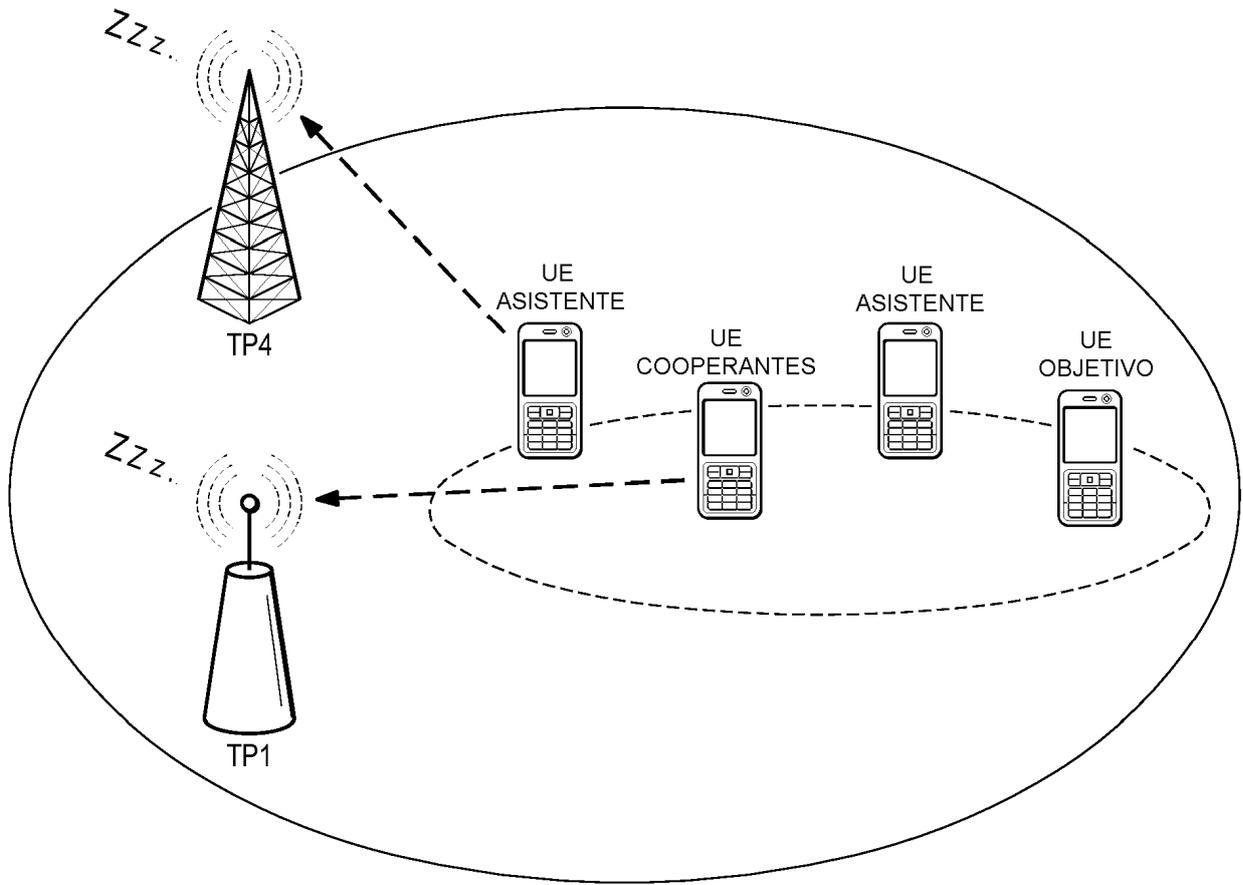


FIG. 16C

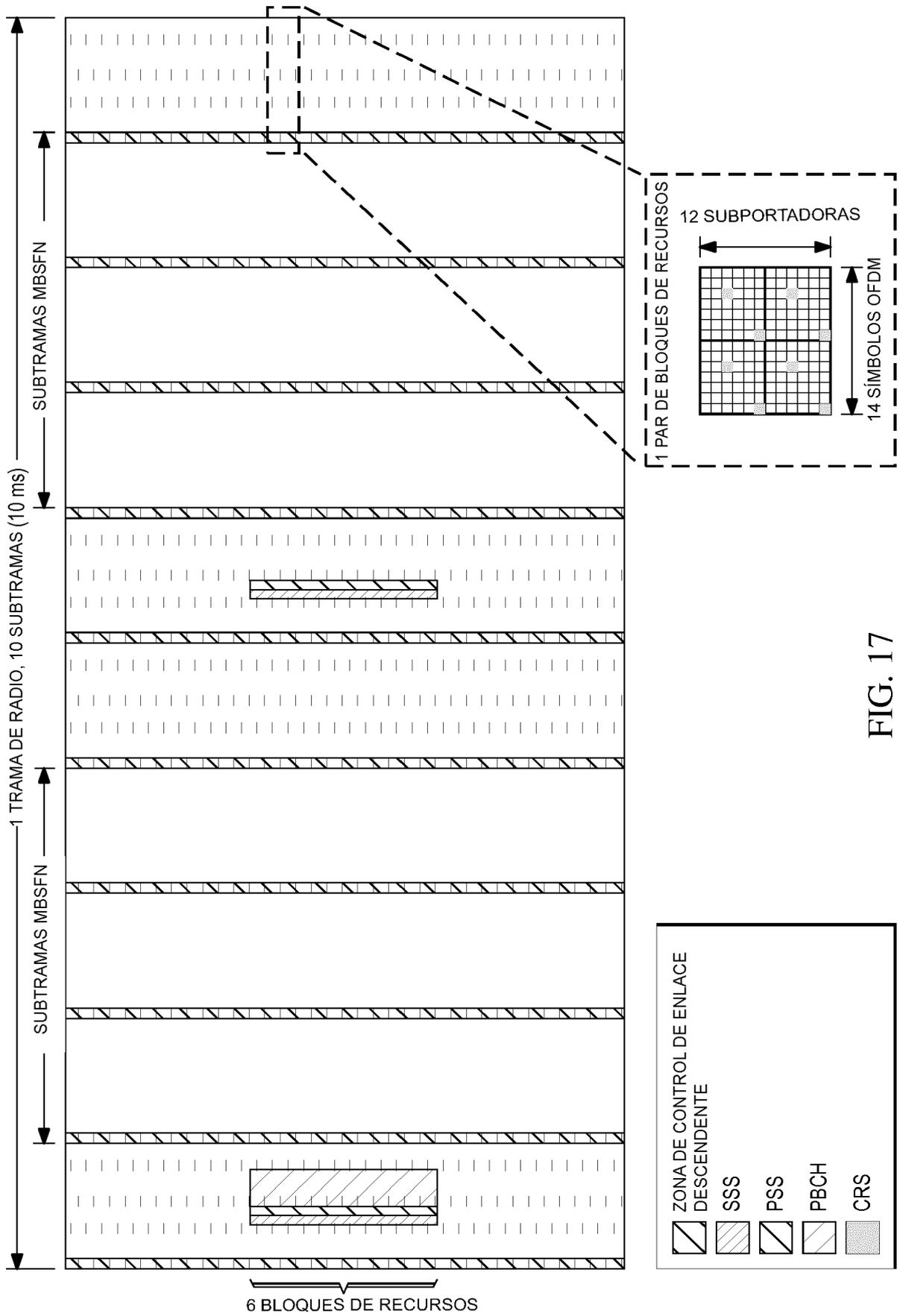
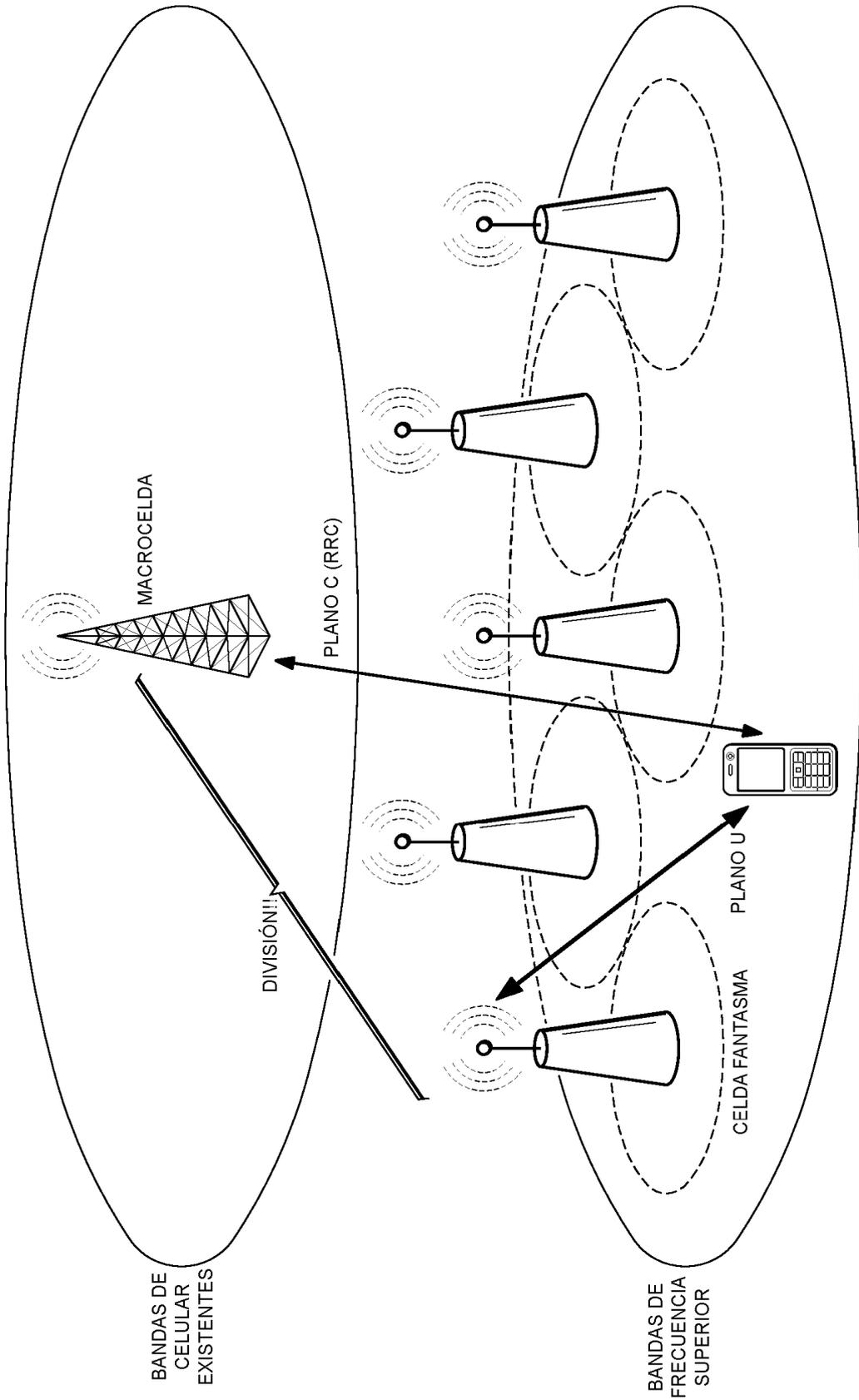


FIG. 17





PLANO C: LA MACROCELDA MANTIENE BUENA CONECTIVIDAD Y MOVILIDAD UTILIZANDO BANDAS DE FRECUENCIA MENORES  
 (RRC: CONTROL DE RECURSOS RADIOELÉCTRICOS)

PLANO U: LA CELDA PEQUEÑA PROPORCIONA UN MAYOR CAUDAL Y OPERACIONES MÁS FLEXIBLES/EFICIENTES EN COSTE-ENERGÍA UTILIZANDO BANDAS DE FRECUENCIA SUPERIORES/MÁS ANCHAS

FIG. 19

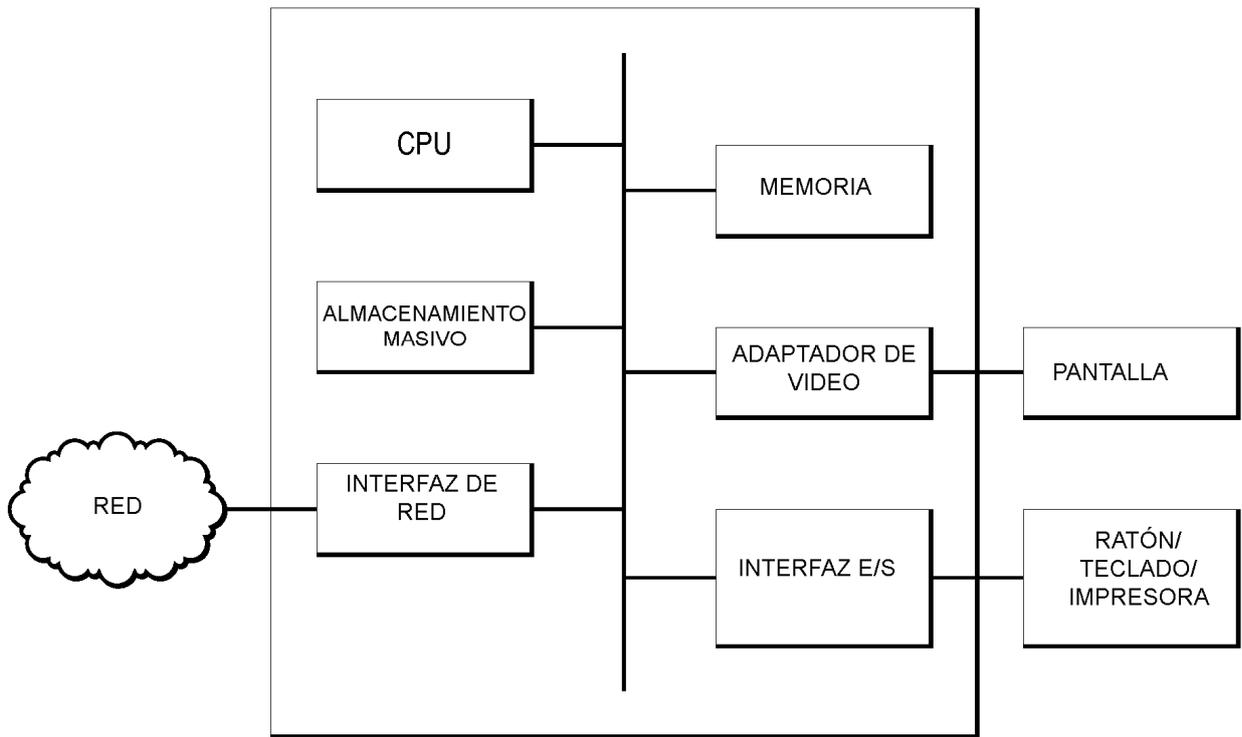


FIG. 20

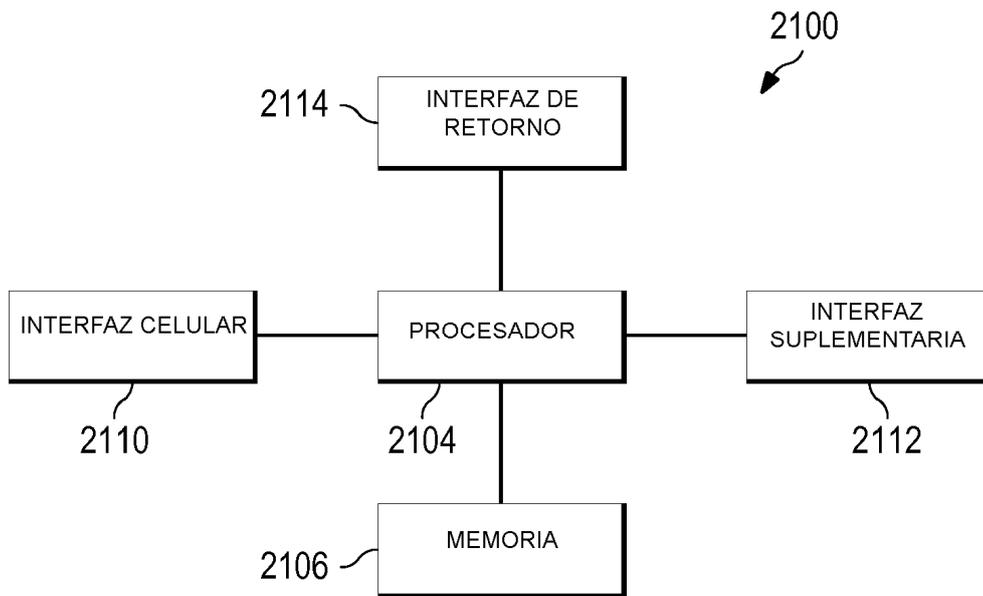


FIG. 21