

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 769 245**

51 Int. Cl.:

H04W 24/02 (2009.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **17.12.2015 PCT/CN2015/097666**

87 Fecha y número de publicación internacional: **23.06.2016 WO16095826**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.12.2015 E 15869333 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.11.2019 EP 3225046**

54 Título: **Método y aparato para determinar estados de celda para ajustar parámetros de configuración de antena**

30 Prioridad:

17.12.2014 US 201462093283 P
23.12.2014 US 201462096439 P
05.01.2015 US 201562099854 P
05.01.2015 US 201562100003 P
08.12.2015 US 201514963062
16.12.2015 US 201514971870

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
25.06.2020

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

GOPALAKRISHNAN, NANDU;
FU, YANJIE;
XIN, YAN y
MATHEW, JAMES

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 769 245 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

Método y aparato para determinar estados de celda para ajustar parámetros de configuración de antena

Campo técnico

5 La presente descripción se refiere en general a redes de auto organización y a optimización de capacidad de cobertura y, más particularmente, a un método y un aparato para determinar estados de celda para ajustar parámetros de configuración de antena.

Antecedentes

10 Una red de auto organización (SON, por sus siglas en inglés) es una tecnología de automatización diseñada para hacer la planificación, configuración, administración, optimización y recuperación de redes de acceso por radio móvil más simple y rápida. La funcionalidad y el comportamiento de SON se han definido y especificado en las recomendaciones de la industria móvil generalmente aceptadas producidas por organizaciones tales como el Proyecto de Cooperación de 3ª Generación (3GPP, por sus siglas en inglés) y Redes Móviles de Próxima Generación (NGMN, por sus siglas en inglés). SON se considera crítica para la estrategia de los operadores para satisfacer la demanda explosiva de datos en la década venidera - la era de Internet de las Cosas. SON se considera necesaria para automatizar las operaciones y optimizar el rendimiento de una manera escalable para redes heterogéneas accionadas por celdas pequeñas (HetNets, abreviado en inglés). A medida que SON evoluciona, se ejecutará en plataformas de Big Data en la nube alimentadas por algoritmos de análisis predictivos “inteligentes”.

20 Optimización de Capacidad de Cobertura (CCO, por sus siglas en inglés) es un caso de uso de SON que configura inicialmente y ajusta parámetros de RF clave (configuración y potencia de inclinación y acimut de antena) después del despliegue para maximizar alguna medida de la calidad de experiencia (QoE) del usuario (en particular, cobertura, calidad y capacidad) y adaptarse a los patrones de tráfico cambiantes y cambios en el entorno. CCO se espera que trabaje en una escala de tiempo largo del orden de horas/días para capturar y reaccionar a los cambios a largo plazo o estacionales en el tráfico y el entorno, y también permitir una recopilación de datos suficiente para una observación y estimación precisa del rendimiento de CCO.

25 Una solución de CCO actual se conoce como Planificador de Celda Automática (ACP, por sus siglas en inglés). ACP usa datos de informe de medida (MR, por sus siglas en inglés) y prueba de accionamiento (DT, por sus siglas en inglés) con datos de localización geográfica del equipo de usuario (UE, por sus siglas en inglés) obtenidos a través del Sistema de Posicionamiento Global Asistido (AGPS, por sus siglas en inglés) y parámetros de configuración de antena precisos para un modelado de propagación preciso. No obstante, ACP que es un planteamiento de modelado requiere pruebas de accionamiento y verificación humana costosas. Para ACP, el conocimiento de las localizaciones de UE es esencial y la obtención de parámetros de configuración de antena precisos está sometida a errores humanos. Además, ACP no es escalable a celdas pequeñas y HetNets ya que se requiere demasiado esfuerzo manual para su configuración y verificación.

35 El documento US 2014/162682 A1 proporciona sistemas y métodos para rebasar la detección de dispositivos de celda para la aplicación de algoritmos de red de optimización automática. El sistema clasifica las relaciones vecinas entre un primer, segundo y tercer dispositivos de celda en una red celular, en base a las estadísticas de traspaso recibidas directamente de la red celular. El sistema a partir de entonces identifica uno del segundo dispositivo de celda o del tercer dispositivo de celda como un dispositivo de celda vecino atípico en base a una clasificación de las relaciones vecinas e identifica, como una función de una dirección de acimut y una distancia entre los dispositivos de celda respectivos de un grupo de dispositivos de celda apantallados, un dispositivo de celda de rebasamiento que propaga una señal de radiofrecuencia transmitida que causa interferencia a un dispositivo de celda incluido en el grupo de dispositivos de celda apantallados.

45 El documento WO 2011/103515 A1 describe la potencia de transmisión para un punto de acceso que se controla en base a informes de medición recibidos por el punto de acceso desde uno o más terminales de acceso que no están siendo servidos actualmente por el punto de acceso. En algunos aspectos, la potencia de transmisión se controla en base al número de mensajes recibidos que corresponden a un evento particular. En algunos aspectos, la potencia de transmisión se controla en base al contenido de los mensajes recibidos. Por ejemplo, el punto de acceso puede usar información de intensidad de señal incluida en los mensajes para determinar un nivel de potencia de transmisión que mitiga la interferencia en un subconjunto definido de terminales de acceso de notificación.

50 El documento “3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Services and System Aspects; Telecommunication management; Self-Organizing Networks (SON) Policy Network Resource Model (NRM) Integration Reference Point (IRP); Information Service (IS) (Release 11)”, 3GPP STANDARD; 3GPP TS 32.522, 3RD GENERATION PARTNERSHIP PROJECT (3GPP), MOBILE COMPETENCE CENTRE; 650, ROUTE DES LUCIOLES; F-06921 SOPHIA-ANTIPOLIS CEDEX; FRANCE, (20130919), vol. SA WG5, no. V11.7.0” se refiere a especificaciones técnicas o redes de auto organización.

55 El documento CN 102 202 330 A se refiere al método de auto optimización de cobertura de un sistema de comunicación móvil celular, y se usa para resolver los problemas de cobertura escasa, frecuencia piloto contaminada

y cobertura de área cruzada. El método comprende los siguientes pasos de: medir y reportar valores de parámetros de potencia recibida de señal de referencia (RSRP, por sus siglas en inglés) y relación señal a interferencia más ruido (SINR, por sus siglas en inglés) respectiva a una estación base por cada usuario; recopilar los valores de parámetros de medición reportados por todos los usuarios en una celda por la estación base; juzgar si la red actual está según cualquier condición de desencadenamiento de los tres problemas de cobertura; desencadenar un proceso de auto optimización de cobertura en base al ajuste dinámico en un ángulo de inclinación inferior de una antena si la red actual está según la condición y luego ajustar el ángulo de inclinación inferior según un esquema preestablecido para resolver el problema de cobertura; ajustar continuamente el ángulo de acimut de antena y el ancho de haz de onda o realizar una regulación descendente en la potencia de transmisión de la estación base según escenas específicas y tipos de usuarios si el requisito de cobertura no se puede cumplir dentro de los intervalos ajustables del ángulo de inclinación inferior; y entrar en un proceso de auto optimización de cobertura y capacidad si el problema de cobertura no se puede resolver mediante las medidas. Según el método, cada celda inicia periódicamente una operación de liberalización de cobertura muchas veces según los pasos para ahorrar mano de obra y recursos materiales requeridos por la optimización manual y reducir el coste de mantenimiento y los gastos.

15 **Compendio**

A partir de lo anterior, se puede apreciar por los expertos en la técnica que ha surgido una necesidad de una técnica para determinar un estado de celda que no requiera la localización del UE, parámetros de configuración de antena precisos o modelado fuera de línea. Según la presente descripción, se proporciona un método y un aparato para determinar los estados de celda para ajustar los parámetros de configuración de antena que reducen extremadamente o eliminan sustancialmente los problemas y desventajas asociados con las soluciones de CCO de SON actuales. La presente invención se define por las reivindicaciones adjuntas. Se proporcionan realizaciones o ejemplos no cubiertos por las reivindicaciones para una mejor comprensión de la invención.

Según una realización, se proporciona un método para determinar estados de celda para ajustar los parámetros de configuración de antena que incluye recibir, en nodos de acceso por radio en una red, informes de medición de una pluralidad de dispositivos de equipo de usuario. El nodo de acceso por radio realiza un análisis de cobertura débil en respuesta a los informes de medición para determinar si a una celda proporcionada por el nodo de acceso por radio se le asigna un buen estado de cobertura o un estado de cobertura débil. El nodo de acceso por radio realiza un análisis de rebasamiento en respuesta a los informes de medición para determinar si a la celda proporcionada por el nodo de acceso por radio se le asigna un estado rebasador o un estado no rebasador. El nodo de acceso por radio realiza un análisis de interferencia en respuesta a los informes de medición para determinar si a la celda proporcionada por el nodo de acceso por radio se le asigna un estado interferente o un estado no interferente. El nodo de acceso por radio realiza un análisis de calidad en respuesta a los informes de medición para determinar si a la celda proporcionada por el nodo de acceso por radio se le asigna un estado de buena calidad o un estado de mala calidad. Se hacen ajustes a los parámetros de configuración de antena de la celda proporcionados por el nodo de acceso por radio en respuesta a los diversos estados asignados a la celda.

La presente descripción describe muchas ventajas técnicas sobre el comportamiento del sistema convencional y las técnicas de análisis de rendimiento. Por ejemplo, una ventaja técnica es proporcionar la capacidad de determinar uno o más estados de una celda en base a los datos de MR de UE de una red real y no en base a datos obtenidos a través de una red modelada. Otra ventaja técnica es identificar una celda como que es cualquiera de una celda de cobertura débil o no débil, una celda de interferencia o de no interferencia, una celda de rebasamiento o de no rebasamiento, y una celda de buena calidad o calidad escasa. Otra ventaja técnica más es usar un estado de celda para determinar ajustes hechos a los parámetros de configuración de antena correspondientes en base a la información de MR recibida sin la necesidad de una localización de UE o información de configuración de antena precisa. Otras ventajas técnicas pueden ser fácilmente evidentes para y discernibles por los expertos en la técnica a partir de las siguientes figuras, descripción y reivindicaciones.

Breve descripción de los dibujos

Para una comprensión más completa de la presente invención y las ventajas de la misma, ahora se hace referencia a la siguiente descripción tomada junto con los dibujos que se acompañan, en donde números de referencia semejantes representan partes semejantes, en los que:

- 50 la FIGURA 1 ilustra un ejemplo de una red de Evolución a Largo Plazo (LTE, por sus siglas en inglés);
- la Figura 2 ilustra un proceso de ejemplo para optimizar los parámetros de configuración de antena específicos de la celda;
- las FIGURAS 3A-3E ilustran gráficos de ejemplo de datos históricos globales que categorizan celdas interferentes para una pluralidad de redes de LTE;
- 55 las FIGURAS 4A-4E ilustran gráficos de ejemplo que categorizan celdas como celdas rebasadoras;
- la FIGURA 5 ilustra un gráfico que representa un proceso de fortalecimiento simulado de ejemplo realizado por el proceso de optimización;

- la FIGURA 6 ilustra un gráfico que representa el rendimiento de la red en función de los parámetros de potencia y de inclinación de bajada;
- las FIGURAS 7A-7E ilustran cambios en los parámetros de cobertura y calidad en la red de LTE a través de varias iteraciones en una fase de ajuste incremental base del proceso de optimización;
- 5 la FIGURA 8 ilustra un gráfico de una función objetivo a través de varias iteraciones de la fase de ajuste incremental base del proceso de optimización;
- la FIGURA 9 ilustra un gráfico de la función objetivo a través de varias iteraciones de una fase de ajuste aleatorio sesgada del proceso de optimización;
- 10 la FIGURA 10 ilustra un proceso de ejemplo para determinar estados de celda para ajustar parámetros de configuración de antena;
- la FIGURA 11 ilustra los estados de cobertura que se pueden asignar a una celda;
- la FIGURA 12 ilustra estados de cobertura adicionales de un estado de borde débil y un estado de interior débil/insuficiente que se puede asignar a una celda;
- las FIGURAS 13A-13B ilustran un proceso para determinar el estado de cobertura para una celda;
- 15 la FIGURA 14 ilustra los estados de rebasamiento que se pueden asignar a una celda;
- la FIGURA 15 ilustra un ejemplo de una celda en un estado rebasador;
- la FIGURA 16 ilustra un gráfico que representa una relación entre dispositivos de UE superpuestos e identificación de rebasamiento;
- la FIGURA 17 muestra un proceso para determinar un estado rebasador de una celda;
- 20 la FIGURA 18 muestra los estados de interferencia que se pueden asignar a una celda;
- la FIGURA 19 muestra un proceso para determinar un estado interferente de una celda;
- la FIGURA 20 muestra los estados de calidad que se pueden asignar a una celda;
- la FIGURA 21 muestra un proceso para determinar un estado de calidad de una celda;
- 25 la FIGURA 22 ilustra un diagrama de bloques de un sistema de procesamiento de ejemplo que se puede implementar en la red de LTE;
- la FIGURA 23 ilustra un ejemplo simplificado de un componente informático de propósito general adecuado para implementar una o más realizaciones descritas en la presente memoria;
- la FIGURA 24 ilustra un diagrama de flujo de un método de realización para ajustar los parámetros de comunicación para una agrupación de celdas usando un algoritmo de fortalecimiento simulado adaptativo autónomo;
- 30 la FIGURA 25 ilustra un diagrama de flujo de un método de realización para ajustar parámetros de comunicación para un subconjunto de celdas;
- la FIGURA 26 ilustra un gráfico que representa resultados de simulación obtenidos realizando el método descrito en la FIGURA 25;
- 35 la FIGURA 27 ilustra otro gráfico que representa resultados de simulación adicionales obtenidos realizando el método descrito en la FIGURA 25; y
- la FIGURA 28 ilustra un diagrama de flujo de realización para ajustar parámetros de comunicación para una agrupación de celdas usando un algoritmo de fortalecimiento simulado adaptativo autónomo.

Descripción detallada

- 40 Las FIGURAS 1 hasta 28, tratadas a continuación, y las diversas realizaciones usadas para describir los principios de la presente descripción en este documento de patente son solamente a modo de ilustración y no se deberían interpretar de ninguna forma para limitar el alcance de la descripción. Los expertos en la técnica entenderán que los principios de la descripción se pueden implementar en cualquier tipo de dispositivo o sistema dispuesto adecuadamente. Las características mostradas y tratadas en una figura se pueden implementar como sea apropiado en una o más de otras figuras.
- 45 La FIGURA 1 muestra un ejemplo de una red de Evolución a Largo Plazo (LTE) 100. La red de LTE 100 es un tipo de

red de comunicaciones inalámbricas diseñada para proporcionar Internet de banda ancha y servicio telefónico a equipos de usuario (UE) tales como teléfonos móviles y otros tipos de dispositivos. Las llamadas de voz en una red de LTE se convierten en pequeños fragmentos de datos, lo que elimina la necesidad de circuitos de voz separados. Estos tipos de redes a menudo se comercializan como “4G” y son capaces de ofrecer velocidades que rivalizan con los servicios de banda ancha por cable. También ofrecen un aumento de capacidad, lo que puede ayudar a los operadores inalámbricos a tratar con las crecientes cantidades de datos usados por los teléfonos inteligentes y otros dispositivos. Aunque se trata en términos de la red de LTE 100, la presente descripción también puede ser aplicable a otras redes de comunicaciones inalámbricas conocidas o futuras.

En el ejemplo de la FIGURA 1, la red de LTE 100 se divide en múltiples celdas proporcionadas por 19 nodos de acceso por radio Nodo B Evolucionado (eNB, por sus siglas en inglés) 102. Los nodos de acceso por radio eNB 102 proporcionan servicio a múltiples dispositivos de UE 104. El número de nodos de acceso por radio eNB 102 y dispositivos de UE 104 que operan dentro de la red de LTE 100 puede ser mayor o menor de lo que se representa en la FIGURA 1. Cada nodo de acceso por radio eNB 102 es responsable de la transmisión y recepción por radio con dispositivos de UE 104 en una o más celdas. Cada nodo de acceso por radio eNB 102 controla los recursos de radio de sus propias celdas y proporciona funciones para configurar y hacer mediciones en el entorno de radio.

Optimización de parámetros de configuración de antena específicos de la celda

La FIGURA 2 muestra un proceso 200 para optimizar el rendimiento en la red de LTE 100. En general, el proceso 200 ajusta los parámetros de configuración de antena de forma incremental en línea, conjuntamente y por agrupación. El proceso 200 observa la realimentación resultante de los informes de medición (MR) transmitidos por los dispositivos de UE 104 y continúa en un bucle cerrado para optimizar a largo plazo. Los parámetros de configuración de antena incluyen inclinación electrónica, acimut y potencia de símbolo de referencia. La realimentación de los dispositivos de UE 104 reales se usa en forma de MR, en oposición a las estimaciones del modelo de propagación. Como es sabido en la técnica, los MR pueden incluir múltiples parámetros relacionados con el UE y relacionados con la celda, tales como ID de celda, potencia recibida de señal de referencia (RSRP), calidad recibida de señal de referencia (RSRQ, por sus siglas en inglés), ID de celda de servicio y parámetros de avance de temporización. La información en los MR se usa para actualizar una función objetivo que representa el rendimiento de la red, identificar las métricas/etiquetas de indicador de estado de la celda, y hacer ajustes de parámetros de configuración de antena por pasos para el progreso del rendimiento. Como es sabido en la técnica, se puede usar una función objetivo para la optimización de una cantidad, parámetro o característica medible, tal como el rendimiento de red. Como se usa en la presente memoria, la función objetivo descrita se puede usar para la optimización del rendimiento de red.

El proceso 200 no necesita saber dónde están situados los dispositivos de UE 104 dentro de la red de LTE 100 ni los valores exactos de los parámetros de configuración de antena con el fin de optimizar el rendimiento. Esto contrasta con las soluciones asistidas por el modelo de propagación (tal como ACP) que requieren una localización precisa del usuario y valores correctos de los parámetros de configuración de antena para cada celda. Debido a que no se conocen los valores correctos de los parámetros de configuración, incluso si los parámetros de configuración iniciales son erróneos, los valores de los parámetros de configuración de antena aún se pueden ajustar en una dirección significativa debido al hecho de que los cambios de parámetros conducen a cambios medibles en las métricas de celda/sistema. Siempre que los MR (incluyendo RSRP, RS-SINR, RSRQ o similares) de dispositivos de UE 104 representativos (por ejemplo, dispositivos de UE 104 seleccionados por muestreo aleatorio no sesgado) estén disponibles para un cambio de parámetro de configuración de antena dado, se puede evaluar con precisión la función objetivo.

En las realizaciones descritas, cada MR que se considera que ha “fallado” un criterio de cobertura (por ejemplo, en virtud de una intensidad de señal de canal de referencia reportada que no cumple un umbral predefinido) o un criterio de calidad (por ejemplo, en virtud de una calidad de canal de referencia reportada, es decir, señal a interferencia más ruido, que no cumple otro umbral predefinido) asigna una unidad nocional de “culpa” de tal fallo a una celda o celdas “responsables”. Si se consideran responsables a múltiples celdas, se asignan unidades fraccionales de “culpa” (o “cuotas de culpa”) a cada celda responsable. Cuando se agrega sobre todos los MR “fallidos”, la métrica de culpa se puede calcular para cada celda, y una acción incremental base (por ejemplo, inclinación de antena o ajuste de potencia de transmisión) se puede tomar por la celda según tal métrica de culpa con el fin de reducir la tasa de aparición de fallos de MR.

El proceso 200 emplea dos fases de bucle cerrado – una fase de ajuste incremental base 205 y una fase de ajuste aleatorio sesgado 209. En la fase de ajuste incremental base 205, las características a nivel de celda o la métrica de culpa se calculan a partir de los MR y, alternativamente o además, las celdas se etiquetan según un estado de cobertura, calidad, interferencia o rebasador (descrito con mayor detalle a continuación con respecto a las FIGURAS 4A-4E) que se correlacionan con direcciones de ajuste “intuitivamente correctas” para los parámetros de configuración de antena en base al conocimiento del dominio aplicado simultáneamente en múltiples celdas con el fin de coger rápidamente grandes ganancias iniciales. Las realizaciones para determinar los estados de celda se describen con mayor detalle más adelante en esta descripción. Los MR se procesan para derivar métricas a nivel de celda que representan la cuota de culpa de cada celda para informes de medición que indican cobertura o calidad inadecuada. Las métricas a nivel de celda determinan qué ajustes incrementales base se hacen a los parámetros de configuración de antena de esa celda. Alternativamente o además, los MR se procesan para derivar etiquetas de celdas intuitivas o combinaciones de etiquetas de celdas que indican cualquiera de estado de cobertura, calidad, interferencia y

rebasador de cada celda. La una o más etiquetas unidas a una celda determinan los ajustes incrementales base hechos a los parámetros de configuración de antena de esa celda.

La fase de ajuste aleatorio sesgado 209 representa un procedimiento de búsqueda matemática que realiza técnicas exploratorias y elige direcciones iniciales opuestas o aleatorias. Los ajustes se aceptan cuando la función objetivo se mejora y se acepta con una probabilidad decreciente a medida que la función objetivo empeora y con el paso del tiempo (enfriamiento) para mejorar constantemente la solución. Con el tiempo, la dirección de exploración se puede condicionar para aprender de errores y, en un paso exploratorio posterior, se elige la acción aprendida que es la mejor (en el sentido de maximizar las recompensas instantáneas o acumulativas) para un estado de celda dado. Los hechos clave que se explotan son que la función objetivo del sistema y las métricas a nivel de celda son agregaciones de información de estado de UE (MR) que no requieren localizaciones de UE individuales para la evaluación, y que los cambios de parámetros importan pero no el valor absoluto.

El proceso 200 comienza en el bloque 202 con la recepción de los MR de los dispositivos de UE 104. La iniciación del proceso de optimización se desencadena en el bloque 204. La optimización se puede desencadenar manualmente, por las condiciones de la red, o automáticamente en base a los indicadores clave de rendimiento (KPI) dentro de la red de LTE 100. Ejemplos de KPI incluyen la tasa de caída de llamadas y la tasa de bloqueo de llamadas. Otros KPI se conocen por los expertos en la técnica. Si el análisis de los KPI identifica una degradación en el rendimiento de la red, entonces se desencadena una optimización. Tras el desencadenamiento de la optimización, el proceso 200 pasa a la fase de ajuste incremental base 205, que incluye los bloques 206 y 208.

En la fase de ajuste incremental base 205, los MR se usan en el bloque 206 para determinar una dirección de ajuste para los parámetros de configuración de antena (es decir, si ajustar un parámetro de configuración de antena arriba o abajo). Solamente se determina la dirección del cambio y no la corriente específica o los valores de inicio de los parámetros de configuración de antena. La dirección de ajuste se puede determinar de varias formas. En un ejemplo, la dirección de cambio para cada parámetro de configuración de antena se determina por una métrica de acción de culpa donde una regla mayoritaria de dispositivos de UE 104 proporciona los MR que indican un cierto cambio en una dirección (arriba o abajo) para un parámetro respectivo. En otro ejemplo, cada celda se etiqueta con un estado de celda en base a los MR recibidos de los dispositivos de UE 104. A una celda se le puede dar una o más etiquetas que identifiquen un estado de la celda, tal como un interferente, no interferente, buena cobertura/débil, calidad buena/débil, rebasador y no rebasador. En este caso, interferencia se refiere a interferencia de enlace descendente en la celda. Estas etiquetas se determinan típicamente en base a una comparación con uno o más umbrales. La determinación exacta de estos umbrales está más allá del alcance de esta descripción. Las etiquetas dadas a una celda particular determinan el cambio de dirección para los parámetros de configuración de antena asociados con esa celda particular.

Las FIGURAS 3A-3E muestran gráficos de datos históricos globales que categorizan celdas interferentes para una pluralidad de redes de LTE. A una celda se le da una etiqueta interferente en base a la pertenencia a una agrupación de grupo. Los datos históricos globales categorizan las celdas como no interferente, interferente única, o interferente múltiple, en base a cuántas celdas cercanas experimentan interferencia de la celda dada. La categoría en la que cae una celda determina su etiqueta interferente. El tipo de etiqueta interferente dada a una celda particular determina la dirección de los ajustes hechos a los parámetros de configuración de antena de la celda. Después de que se hace un ajuste a los parámetros de configuración de antena, una celda puede caer en una categoría interferente diferente en base a los MR devueltos desde los dispositivos de UE 104. Las FIGURAS 3A-3E muestran cómo las celdas pueden moverse a través de categorías interferentes durante diversas iteraciones de la fase de ajuste incremental base 205. Por ejemplo, mirando los puntos circulares más grandes en las FIGURAS 3A-3E, se puede ver que muchos de los puntos más grandes mejoran hacia un estado no interferente a través de la iteración 9 (FIGURA 3D), pero luego causan una mayor interferencia y se mueven a un estado interferente múltiple en la iteración 10 (FIGURA 3E).

Las FIGURAS 4A-4E muestran gráficos de ejemplo que categorizan las celdas como celdas rebasadoras. Un ejemplo de una celda rebasadora es una celda que proporciona una potencia recibida de señal de referencia (RSRP) alta a un dispositivo de UE 104 pero se sitúa a alguna distancia del dispositivo de UE 104. Es decir, una celda rebasadora causa una interferencia significativa desde una distancia comparativamente lejana (por ejemplo, más allá de una celda adyacente). Una celda etiquetada como una rebasadora puede tener una dirección particular de ajustes hechos a sus parámetros de configuración de antena (por ejemplo, una potencia descendente o una inclinación descendente). Después de que se hace un ajuste a los parámetros de configuración de antena, una celda puede caer fuera de o dentro de un estado rebasador en base a nuevos MR de los dispositivos de UE 104, donde los nuevos MR se determinan después del ajuste a los parámetros de configuración de antena. Las FIGURAS 4A-4E muestran cómo las celdas pueden entrar y salir del estado rebasador durante varias iteraciones de la fase de ajuste incremental base 205.

Después de cada cambio en los parámetros de configuración de antena de las celdas, la función objetivo para la optimización de red se calcula tras recibir nuevos MR en el bloque 208 para determinar si mejora el rendimiento de la red. La función objetivo se basa en un parámetro de cobertura tal como RSRP y un parámetro de calidad tal como una relación de señal a interferencia y ruido de la señal de referencia (RS-SINR, por sus siglas en inglés). La función objetivo se determina identificando aquellos MR que tienen su parámetro RSRP mayor que un primer valor umbral e identificando aquellos MR que tienen su parámetro RS-SINR mayor que un segundo valor umbral. En algunas realizaciones, la función objetivo se calcula según la ecuación:

ES 2 769 245 T3

$$k1 * \text{número de (RSRP} > \text{umbral1)} + k2 * \text{número de (RS-SINR} > \text{umbral2)},$$

donde $k1$ y $k2$ son números no negativos que suman 1,0 y se determinan por adelantado, por ejemplo, por un usuario del sistema (tal como un ingeniero de red) o automáticamente en una rutina de configuración. Siempre que el rendimiento de red mejore como se indica por un aumento en la función objetivo, el proceso 200 pasará en bucle a través de la fase de ajuste incremental base 205 en los bloques 206 y 208.

Tras identificar una disminución en la función objetivo en el bloque 208, termina la fase de ajuste incremental base 205 y comienza la fase de ajuste aleatorio sesgado 209 que incluye los bloques 210, 212 y 214. En la fase de ajuste aleatorio sesgado 209, se realiza un fortalecimiento simulado donde se hacen cambios de dirección aleatorios a los parámetros de configuración de antena y se hacen saltos caóticos para escapar de las posiciones mínimas locales con el fin de mejorar constantemente la función objetivo hacia un nivel óptimo global. Los cambios de dirección aleatorios sesgados se aceptan tras obtener una mejora en la función objetivo. Si la función objetivo disminuye, se usa un factor de probabilidad en la determinación de si aceptar los cambios de dirección aleatorios. La Tabla I muestra un ejemplo de un algoritmo de fortalecimiento simulado.

TABLA I

- | |
|--|
| <ol style="list-style-type: none">1. Obtener una solución inicial S y una posición T2. Determinar C como el coste de S3. Generar una nueva solución S'4. Determinar C' como el coste de S'5. Aceptar S' como la solución S actual con probabilidad p:
$p = \exp [(C-C')/T]$ si $C' \geq C$; $p=1$ si $C' < C$6. Si no se ha alcanzado el nivel de equilibrio, pasar a 3.7. Actualizar la posición T8. Si no se ha alcanzado el criterio de terminación, pasar a 3. |
|--|

Un ejemplo del proceso de fortalecimiento simulado que se puede realizar en la fase de ajuste sesgado 209 se representa por el gráfico 500 en la FIGURA 5. El proceso de fortalecimiento simulado puede identificar un máximo local 502 pero puede realizar un salto caótico (del Salto 1 al Salto 2) con el fin de localizar un máximo global 504. En este caso, los máximos 502, 504 se determinan máximos de la función objetivo descrita anteriormente. En términos de la presente descripción, los ajustes aleatorios sesgados se determinan y realizan en el bloque 210. Después de que se hayan hecho los ajustes aleatorios sesgados, se reciben nuevos MR y se usan para calcular la función objetivo en el bloque 212. Se hace una determinación en cuanto a si aceptar o descartar los ajustes basados al menos en la función objetivo recalculada en el bloque 214. Si se descartan los ajustes aleatorios sesgados, se pueden determinar ajustes aleatorios sesgados alternativos cuando el proceso 200 vuelve al bloque 210. La fase de ajuste aleatorio sesgado 209 continúa en bucle a través los bloques 210, 212 y 214 y afina los parámetros hasta que se alcanza una convergencia a un máximo global.

La FIGURA 6 muestra un gráfico 600 de cómo los parámetros de configuración de antena de potencia e inclinación de bajada afectan al rendimiento de red (como se mide por la función objetivo). La meta del proceso 200 es identificar un nivel de rendimiento de red óptimo deseado 608 desde un punto de inicio 602. El proceso 200 no es consciente del punto de inicio 602 particular. Iterar a través de la fase de ajuste incremental base 205 logrará un primer nivel de rendimiento de red intermedio 604. La fase de ajuste aleatorio sesgado 209 se notará entonces que realiza saltos caóticos para identificar el nivel de rendimiento de red óptimo deseado 608, posiblemente a través de uno o más segundos niveles de rendimiento de red intermedios 606.

Las FIGURAS 7A-7E muestran los cambios a los dos parámetros proporcionados en los informes de medición a través de varias iteraciones de la fase de ajuste incremental base 205. El primer parámetro medido es RSRP. RSRP es una medida de intensidad de señal e identifica el nivel de señal de la Señal de Referencia transmitida por un nodo de acceso por radio eNB 102 y recibida por un dispositivo de UE 104. RSRP se usa por los dispositivos de UE 104 para el proceso de selección y reelección de celda y se reporta a la red para ayudar en un procedimiento de traspaso. RSRP se define como el promedio lineal sobre las contribuciones de potencia de los elementos de recursos que transportan señales de referencia específicas de celda dentro del ancho de banda de frecuencia de medición considerado. El segundo parámetro medido es RS-SINR. RS-SINR es una medida de la calidad de señal y cuantifica la relación entre las condiciones de RF y la capacidad de procesamiento. Los dispositivos de UE 104 típicamente usan la RS-SINR para calcular un Indicador de Calidad de Canal (CQI, por sus siglas en inglés) reportado a la red. RS-SINR indica la potencia de las señales utilizables medidas, la potencia de las señales medidas o las señales de

interferencia de canal de otras celdas en el sistema actual, y el ruido de fondo relacionado con los anchos de banda de medición y los coeficientes de ruido del receptor. Aunque la presente descripción se centra en la RSRP y la RS-SINR, hay otros parámetros proporcionados en los informes de medición que se usan en la operación de la red de LTE 100.

5 Como se muestra en las FIGURAS 7A-7E, a medida que los nodos de acceso por radio eNB 102 iteran a través del proceso y realizan ajustes incrementales base a los parámetros de configuración de antena, los parámetros medidos RSRP y RS-SINR mejoran a través de cada iteración sucesiva. En algún punto de la fase de ajuste incremental base 205, ocurre una falta de crecimiento en la función objetivo y puede comenzar a ocurrir una degradación en las características de rendimiento. Se hace referencia a esta falta de crecimiento (y posible degradación) como límite de mejora. Por ejemplo, entre la iteración 9 de la FIGURA 7D y la iteración 10 de la FIGURA 7E, los valores de RSRP y RS-SINR comienzan a disminuir en ciertas áreas de la red de LTE 100.

10 La FIGURA 8 muestra un gráfico 800 que representa un cambio en la función objetivo a través de las iteraciones de la fase de ajuste incremental base 205. Los números de iteración 1, 4, 7, 9 y 10 corresponden a los resultados de los ajustes de parámetros mostrados en las FIGURAS 7A-7E. Los ajustes incrementales base mejoran rápidamente el rendimiento dentro de la red de LTE 100, como se indica por el rápido aumento en el valor de la función objetivo. La tendencia en la mejora del rendimiento continuada continúa hasta un cierto punto. En entornos de datos complejos, no lineales y con infusión de ruido, tales como los proporcionados por la red de LTE 100, los ajustes incrementales base a los parámetros de configuración de antena alcanzarán un límite de mejora donde el valor de la función objetivo no aumenta (o aumenta solamente ligeramente) y también puede proporcionar una regresión de mejora (por ejemplo, una disminución en el valor de la función objetivo). Tras identificar una disminución en el rendimiento que excede un nivel umbral deseado, termina la fase de ajuste incremental base 205 y comienza la fase de ajuste aleatorio sesgado 209. En el ejemplo de la FIGURA 8, ocurre una disminución en el rendimiento representado por la función objetivo entre la iteración 9 y la iteración 10. Aproximadamente en la iteración 9 es donde ocurre el límite de mejora.

15 La FIGURA 9 muestra un gráfico 900 que representa un cambio en la función objetivo a través de las iteraciones de la fase de ajuste aleatorio sesgado 209. A medida que los ajustes se aceptan y se descartan durante la fase de ajuste aleatorio sesgado 209, ocurre una deriva hacia arriba en la mejora de la función objetivo sometida a pequeñas oscilaciones a lo largo del camino. La fase de ajuste aleatorio sesgado 209 continúa hasta que se alcanza un punto óptimo 902 que representa un máximo global, tal como el máximo global 504 de la FIGURA 5 o el nivel de rendimiento de red óptimo deseado 608 de la FIGURA 6.

20 Como se ha descrito anteriormente, una red de auto organización de bucle cerrado totalmente automática asistida por análisis proporciona un marco general para resolver problemas de optimización de red casi en tiempo real a gran escala (casos de uso de SON). El proceso de optimización descrito en la presente memoria aprende en línea el entorno a través de la realimentación en tiempo real de los MR de UE y los KPI de celda usando análisis de aprendizaje por máquina para asignar métricas/etiquetas accionables a las celdas. El proceso de optimización auto adapta los parámetros del algoritmo interno (como umbrales de métrica) a circunstancias cambiantes (datos) y aprende la regla de acción correcta para una celda dada en un estado dado. La experiencia del dominio y los procesos sofisticados (optimización basada en la exploración y el aprendizaje) se combinan en fases para decidir acciones correctivas conjuntas. Este planteamiento contrasta con otros planteamientos que usan reglas basadas en conocimiento de ingeniería para esto y modelos no fiables. El proceso de optimización es robusto para errores de base de datos de parámetros de ingeniería y carece de conocimiento de localizaciones de UE y tiene supuestos de modelado mínimos en contraste con las técnicas de optimización basadas en la localización de UE costosas y no fiables.

25 El proceso de optimización es de auto accionamiento, ya que usa etiquetas de celda aprendidas por máquina o métricas de culpa con conocimiento de ingeniería guiado por acciones de pequeños pasos para extraer ganancias iniciales rápidas en el rendimiento de la red. Para una optimización adicional, se toma una acción de una manera aleatoria sesgada que equilibra la recompensa con el riesgo de exploración. El proceso de optimización aprende de los errores o las decisiones equivocadas con el tiempo para finalmente escoger la mejor acción para un estado de celda dado. Como resultado, el proceso general es rápido y supera a los ingenieros desconcertados por interacciones complejas multicelulares. El proceso de optimización proporciona una solución rentable reduciendo la necesidad de un ejército de ingenieros de optimización y costosas pruebas de accionamiento y calibración del modelo. El proceso de optimización se puede extender fácilmente para optimizar parámetros de CCO adicionales como escenarios de compensaciones de potencia de canal y CCO y Balanceo de Carga (CCO+LB, por sus siglas en inglés). El proceso de optimización funciona para diversos escenarios, incluyendo adaptación a cambios en la red celular y el tráfico, y es fácilmente transferible y escalable a otros dominios de comunicación y despliegues.

Determinación de estados de celda para ajustar parámetros de configuración de antena

30 El proceso para optimizar los parámetros de configuración de antena específicos de la celda descritos anteriormente puede usar varios estados de celda para realizar ajustes incrementales base. A continuación se tratan realizaciones para determinar tales estados de celda según esta descripción.

La FIGURA 10 muestra un proceso 1000 para determinar estados de celda para ajustar parámetros de configuración de antena. El proceso 1000 comienza en el bloque 1002 donde se reciben los MR sobre la red desde los dispositivos

de UE 104. Como se ha descrito anteriormente, los MR pueden incluir múltiples parámetros relacionados con el UE y relacionados con la celda, tales como ID de celda, potencia recibida de señal de referencia (RSRP), calidad recibida de señal de referencia (RSRQ), ID de celda de servicio, y parámetros de avance de temporización. La extracción de datos, la agregación de filtrado y el procesamiento se realizan en los MR en el bloque 1004 para obtener valores asociados con el rendimiento de red. Los valores analizados para el rendimiento de red incluyen valores de intensidad de señal de referencia, tales como la RSRP usada en la red de LTE 100, los valores de calidad de señal de referencia, tales como la Relación de Señal a Interferencia más Ruido de Señal de Referencia (RS-SINR) o la RSRQ para la red de LTE 100 también se pueden incluir en el esfuerzo de análisis.

Aunque se trata en términos de una red de LTE 100, el proceso 1000 se puede implementar en otros tipos de red, incluyendo una red del Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles (UMTS, por sus siglas en inglés). Los valores de intensidad de la señal de referencia en una red UMTS pueden incluir una Potencia de Código de Señal Recibida (RSCP, por sus siglas en inglés) o Energía por Chip y Nivel de Interferencia (Ec/Io, por sus siglas en inglés). Otros valores derivados de los MR también se pueden usar en las determinaciones de estado de celda. Aunque la información de MR y especialmente la información periódica de MR ofrecen el mejor muestreo de la red, se pueden usar otras fuentes de datos de red incluyendo, pero no limitado a, un indicador de calidad de canal (CQI), indicadores clave de rendimiento (KPI, por sus siglas en inglés), contadores de Monitorización de Rendimiento (PM, por sus siglas en inglés) y métricas de indicadores clave de calidad (KQI, por sus siglas en inglés).

Los valores derivados de los MR transmitidos por los dispositivos de UE 104 se usan para realizar varias determinaciones de estado de celda para cada celda en la red. Se realiza un análisis de estado de cobertura en el bloque 1006 para determinar si la celda proporciona una buena cobertura o débil. Un ejemplo de tal análisis de estado de cobertura se describe en detalle a continuación con respecto a las FIGURAS 11-13B. Se realiza un análisis de rebasamiento en el bloque 1008 para determinar si la celda es una rebasadora o una no rebasadora. Un ejemplo de tal análisis de rebasamiento se describe en detalle a continuación con respecto a las FIGURAS 14-17. Se realiza un análisis de interferencia en el bloque 1010 para determinar si la celda es una interferente o no interferente. Un ejemplo de tal análisis de interferencia se describe en detalle a continuación con respecto a las FIGURAS 18 y 19. Se realiza un análisis de calidad en el bloque 1012 para determinar si la celda es de buena o mala calidad. Un ejemplo de tal análisis de calidad se describe en detalle a continuación con respecto a las FIGURAS 20 y 21. En el bloque 1014, las etiquetas de celda se identifican a partir de las determinaciones de estado de celda y cada celda sintetizada combinando el conjunto de etiquetas de estado de celda asignadas a la celda para crear una firma de celda.

La firma de celda (es decir, la combinación de etiquetas de celda) para cada celda se puede usar en el bloque 1016 para realizar automáticamente ajustes a los parámetros de configuración de antena con el fin de optimizar la cobertura, la calidad y la capacidad, haciendo uso del conocimiento del dominio para las acciones. Por ejemplo, un componente de red puede instruir a una agrupación de celdas para ajustar sus parámetros de configuración de celda (por ejemplo, sus inclinaciones de antena, potencia de transmisión o ambas) en base a la firma de celda asignada a cada celda. Como un ejemplo particular, si una celda se etiqueta como “buena” cobertura y “mala” calidad, la potencia de transmisión de la celda se puede aumentar. En otro ejemplo, si una celda está etiquetada como “buena” cobertura e interferencia “fuerte”, se puede disminuir la inclinación de la antena y/o la potencia de transmisión de la celda. En algunas realizaciones, una combinación de etiquetas asignadas a cada celda y la inclinación actual de la antena y/o el nivel de potencia de RS de cada celda correspondiente se usan para determinar el ajuste de la configuración de celda. En el ejemplo donde la celda se etiqueta como “buena” cobertura e interferencia “fuerte”, si el nivel de inclinación actual de antena de la celda es “pequeño”, entonces la inclinación de antena de la celda se puede reducir en una pequeña cantidad, que es un nivel predefinido de cantidad de inclinación de antena. En algunas realizaciones, el componente de red puede correlacionar una combinación de las etiquetas de estado asignadas a una celda y los niveles actuales de inclinación de antena y/o potencia de RS de la celda a una acción y asignar la acción a la celda. Una acción representa un cambio de uno o más de los parámetros de configuración de una celda, tales como el aumento o la disminución de la inclinación de la antena y/o la potencia de RS de la celda. Se puede asignar una acción en base al conocimiento del dominio, la experiencia o pericia en consideración de las etiquetas de estado asignadas a una celda, la configuración actual de la celda y otros factores que pueden afectar a su estado de celda.

En algunas realizaciones, en lugar de un componente de red que controla los ajustes automáticos, los ajustes se pueden realizar de manera semiautomática proporcionando las firmas de celda a los ingenieros de optimización de campo para guiarlos en hacer los ajustes a los parámetros de configuración de antena en la dirección correcta.

Además, las celdas con firmas similares se pueden agrupar en el bloque 1018 para construir modelos de KPI para análisis predictivo. En general, los modelos predictivos de KPI son algoritmos que identifican qué KPI es probable que sean la causa raíz de un indicador clave de calidad (KQI) escaso, tal como una tasa de pérdida de paquetes. Por ejemplo, en el contexto de la Optimización de Capacidad de Cobertura (CCO), la inclinación hacia arriba de la antena se puede aumentar cuando un KQI escaso se asocia con un nivel de RSRP, ya que eso indicaría que la causa raíz es una cobertura escasa, mientras que la inclinación hacia abajo de la antena se puede aumentar cuando un KQI escaso se asocia con interferencia, ya que eso indicaría que la causa raíz es una cobertura escasa. Los modelos predictivos de KPI para grupos de celdas similares pueden predecir el rendimiento de red dados predictores tales como el tráfico y las variables de consumo de recursos. Los modelos predictivos de KPI también pueden predecir ganancias/pérdidas debidas a la aplicación de una nueva característica en un tipo o grupo de celdas dado. Los modelos predictivos de KPI se construyen en base a datos de ensayos históricos/de campo reales y han mostrado un valor para su uso en

recomendaciones, análisis y mejoras de características. Se puede encontrar información adicional con respecto a los modelos predictivos de KPI en la Solicitud de Patente de EE.UU. de propiedad conjunta N° 14/810699 presentada el 28 de julio de 2015. Las etiquetas y firmas de celdas generadas a partir de los MR transmitidos por dispositivos de UE 104 ofrecen una forma de agrupar celdas parecidas para agrupar datos juntos en la construcción de modelos de análisis predictivos más potentes.

La FIGURA 11 muestra los estados de cobertura que se pueden asignar a una celda como se determina en el bloque 1006 de la FIGURA 10. Una celda puede tener un estado de buena cobertura 1102 o cobertura débil 1104. Si una celda se considera en un estado de cobertura débil 1104, a la celda se le puede asignar además un estado de borde débil 1106 o un estado de interior débil/insuficiente 1108. A una celda asignada a un estado de cobertura débil 1104 también se le puede asignar tanto un estado de borde débil 1106 como un estado de interior débil/insuficiente 1108. Además, es posible que una celda asignada a un estado de cobertura débil 1104 no se puede considerar o bien en un estado de borde débil 1106 o bien en un estado de interior débil/insuficiente 1108. La asignación de una celda a un estado de cobertura débil 1104, un estado de borde débil 1106 y/o un estado de interior débil/insuficiente 1108 se basa en valores de RSRP en los MR transmitidos por dispositivos de UE 104. Por supuesto, los estados de cobertura 1102-1108 mostrados en la FIGURA 11 son meramente un ejemplo. En otras realizaciones, puede haber estados de cobertura intermedios adicionales. Por ejemplo, puede haber uno o más estados de cobertura débil adicionales basados en intervalos de valores de RSRP.

La FIGURA 12 muestra un ejemplo de cómo se puede considerar una celda en un estado de borde débil 1106 y/o un estado de interior débil/insuficiente 1108. Una celda en un estado de borde débil 1106 tiene un cierto número/porcentaje de dispositivos de UE 104 que sirve con los valores de RSRP correspondientes por debajo de un umbral de cobertura. Además, una celda en el estado de borde débil 1106 tiene un cierto número/porcentaje de dispositivos de UE 104 que sirve con los valores de RSRP asociados con una o más celdas vecinas dentro de un intervalo de referencia de cobertura de un valor de RSRP promedio para la celda. En este escenario, un dispositivo de UE 104 con un valor de RSRP bajo correspondiente a la celda de mejor servicio acoplada con un valor de RSRP suficientemente alto asociado con una celda vecina se sitúa lo más probablemente cerca del borde de cobertura proporcionado por la celda de mejor servicio.

Para ser considerada en un estado de interior débil/insuficiente 1108, la celda tiene un cierto número/porcentaje de dispositivos de UE 104 que se sirven por los valores de RSRP de la celda por debajo de un umbral de cobertura. Además, estos dispositivos de UE 104 no reportan un valor de RSRP asociado con una celda vecina que está dentro del intervalo de referencia de cobertura. Un dispositivo de UE 104 con un valor de RSRP bajo para la celda de mejor servicio acoplada con un valor de RSRP no significativo para una celda vecina que se sitúa lo más probablemente cerca del interior de la celda. Las FIGURAS 13A-13B muestran un proceso 1300 para determinar un estado de cobertura para una celda. En la FIGURA 13A, el proceso 1300 primero realiza un análisis individual de cada dispositivo de UE 104 mejor servido por la celda y categoriza cada dispositivo de UE 104 como uno de buena cobertura o cobertura débil. Esos dispositivos de UE 104 de cobertura débil se categorizan además como que son de cobertura de borde débil o de cobertura de interior débil/insuficiente. En la FIGURA 13B, el proceso 1300 entonces agrega las categorías de los dispositivos de UE 104, determina las relaciones de los dispositivos de UE que pertenecen a la celda con cobertura débil, y compara la relación con los umbrales con el fin de asignar un estado de cobertura a la celda.

En la FIGURA 13A, el proceso 1300 comienza en el bloque 1302 con la recepción de los MR de los dispositivos de UE 104. A partir de los MR, esos dispositivos de UE 104 mejor servidos por la celda se identifican en el bloque 1304. Para cada dispositivo de UE 104, el valor de RSRP del MR correspondiente a la celda se compara con un valor umbral de cobertura en el bloque 1306. Si este valor de RSRP excede el umbral de cobertura, el dispositivo de UE 104 se asigna a una categoría de buena cobertura en el bloque 1308. Si este valor de RSRP no excede el valor umbral de cobertura, el dispositivo de UE 104 se asigna inicialmente a una categoría de cobertura débil en el bloque 1310. En el bloque 1312, los valores de RSRP asociados con celdas vecinas en el MR del dispositivo de UE se comparan con un intervalo de umbral de compensación de cobertura. Si al menos un valor de RSRP asociado con una celda vecina está dentro del intervalo de umbral de compensación de cobertura, el dispositivo de UE 104 se asigna a una categoría de borde débil en el bloque 1314. Si no hay valores de RSRP asociados con celdas vecinas dentro del intervalo de umbral de compensación de cobertura, el dispositivo de UE 104 se asigna a una categoría de interior débil/insuficiente en el bloque 1316. A diferencia de una celda que se puede asignar a cualquiera, ambos o ninguno de un estado de borde débil y un estado de interior débil/insuficiente, un dispositivo de UE 104 de cobertura débil se categoriza como solamente uno de borde débil o de interior débil.

En la FIGURA 13B, el proceso 1300 continúa en el bloque 1322 con la agregación de las categorías para los dispositivos de UE 104 determinadas en la FIGURA 13A. En el bloque 1324, se determina una relación de los UE de cobertura débil a partir de la agregación. La relación de los UE de cobertura débil se compara con un umbral de relación de cobertura en el bloque 1326. Si la relación de los UE de cobertura débil no excede un umbral de relación de cobertura, entonces a la celda se le asigna un estado de buena cobertura en el bloque 1328. Si la relación de los UE de cobertura débil excede el umbral de relación de cobertura en el bloque 1326, las relaciones para los UE de borde débil y los UE de interior débil/insuficiente se determinan en el bloque 1330. En el bloque 1332, la relación de los UE de borde débil se compara con un umbral de relación de borde. Si la relación de los UE de borde débil excede el umbral de relación de borde, entonces la celda se asigna a un estado de borde débil en el bloque 1334. Además, la relación de los UE de interior débil/insuficiente se compara con un umbral de relación interior en el bloque 1336. Si la

relación de los UE de interior débil/insuficiente excede el umbral de relación interior, entonces la celda se asigna a un estado de interior débil/insuficiente en el bloque 1338. Si ni las relaciones de los UE de borde débil ni de los UE de interior débil/insuficiente exceden sus umbrales de relación respectivos, a la celda se le asigna un estado de cobertura débil en el bloque 1340.

- 5 La FIGURA 14 muestra los estados de rebasamiento que se pueden asignar a una celda como se determina en el bloque 1008 de la FIGURA 10. A una celda se le puede asignar un estado rebasador 1402 o un estado no rebasador 1404. Se puede considerar que una celda está en un estado rebasador 1402 si su valor de RSRP asociado en un MR de un dispositivo de UE 104 servido por una celda distante en otra región se clasifica dentro de un cierto número de valores de RSRP superiores para la celda distante.
- 10 La FIGURA 15 muestra un ejemplo de una celda en un estado rebasador. El dispositivo de UE 104 situado en y mejor servido por la celda x1 de la Región X transmite un MR al nodo de acceso por radio eNB 102 que proporciona cobertura para la celda x1. Obsérvese que la localización exacta del dispositivo de UE 104 es desconocida y no necesita ser conocida. Los valores de los parámetros en el MR transmitidos por el dispositivo de UE 104 proporcionan una indicación de que el dispositivo de UE 104 se sirve por la celda x1, que es todo lo que se necesita con propósitos de análisis. Los valores de los parámetros en el MR transmitidos por el dispositivo de UE 104 pueden indicar una celda rebasadora potencial. En este ejemplo, la celda y4 de la Región Y puede estar potencialmente en un estado rebasador. La celda y4 puede estar en un estado rebasador si un valor de RSRP asociado con el mismo está en un cierto número superior de valores de RSRP reportados y/o dentro de un cierto umbral del valor de RSRP correspondiente a la celda x1. Por ejemplo, un informe MR transmitido por el dispositivo de UE 104 en la celda x1 incluye múltiples valores de RSRP asociados con diferentes celdas. La Tabla II muestra una lista clasificada de los seis valores de RSRP superiores reportados por el dispositivo de UE 104 en su MR.
- 20

TABLA II

Rango de valores de RSRP	Celda
1	x1 (rebasada)
2	x2
3	x3
4	y4 (rebasadora)
5	x4
6	x5

25 La celda y4, que está en la Región Y, está relativamente muy lejos de la celda x1 en comparación con las otras celdas en la Región X. Típicamente, una celda que está relativamente muy lejos no tendería a ser clasificada cerca de la parte superior de la lista de valores de RSRP. De este modo, sería típico para la celda y4 ser clasificada mucho más baja en la Tabla II (por ejemplo, al menos por debajo de las celdas x4 y x5, que están mucho más cerca de la celda x1). Estando en los seis valores de RSRP superiores para el dispositivo de UE 104, la celda y4 es una rebasadora potencial. Además, un dispositivo de UE 104 se considera en un estado rebasado si un par de celdas aparece en los k valores superiores de la lista de valores de RSRP determinados a partir del MR transmitido y/o la diferencia entre los valores de RSRP es menor que un cierto umbral. Un valor umbral de ejemplo es 3dB, aunque cualquier valor umbral se puede usar como se desee. Una consideración de múltiples dispositivos de UE 104 superpuestos en un área o red se dan para identificar rebasadores potenciales como rebasadores o no rebasadores, que se describirán ahora.

30

35 La FIGURA 16 muestra un gráfico 1600 que representa una relación entre los dispositivos de UE 104 superpuestos y la identificación de rebasamiento. Cada punto en el gráfico 1600 es un par de celdas donde la distancia entre celdas en un par de celdas aumenta a lo largo del eje y. Idealmente, una distancia entre sitios más grande entre celdas en un par de celdas debería conducir a dispositivos de UE 104 menos solapados para el par de celdas. Usando los identificadores de celda de la FIGURA 15, existe un número relativamente alto de dispositivos de UE 104 superpuestos para el par de celdas x1, x2; el par de celdas x1, x3; y el par de celdas y3, y5, que se espera dado que hay una distancia relativamente corta entre las celdas respectivas de cada par de celdas. Existe un número relativamente bajo de dispositivos de UE 104 superpuestos para el par de celdas x1, y1 y el par de celdas x1, y2 ya que hay una distancia relativamente grande entre las celdas de cada par de celdas.

40

45 Los pares de celdas atípicas de la norma indican un potencial rebasador. Los pares de celdas atípicas, tales como el par de celdas x1, y4, tienen un número anormalmente alto de dispositivos de UE 104 superpuestos en comparación con los pares de celdas de una distancia entre sitios similares. La identificación de un par de celdas atípicas indica que al menos una celda en el par de celdas puede estar en un estado rebasador. De este modo, las celdas x1 e y4

son ambas candidatas rebasadoras; no obstante, no está claro solo mirando la FIGURA 16 si la celda x1 es la rebasadora y la celda y4 es la rebasada, o si la celda y4 es la rebasadora y la celda x1 es la rebasada. Para determinar la rebasadora entre las candidatas rebasadoras, también se consideran las listas de valores de RSRP clasificados tal como se muestran en la Tabla II. A partir de la Tabla II, se puede ver que la celda y4 es una candidata para un estado rebasador ya que su valor de RSRP asociado está en una posición inesperada en la lista de valores de RSRP de un dispositivo de UE 104 que se sirve por la celda x1 en una región diferente que la celda y4. No obstante, un examen de una lista de valores de RSRP similar de un dispositivo de UE 104 que se sirve por la celda y4 puede revelar que la celda x1 no está en una posición inesperada en la lista de valores de RSRP. Por ejemplo, la celda x1 puede clasificarse por debajo de todas las celdas y1-y6 y clasificarse entre las celdas x1-x6, como se esperaría si la celda x1 no es una rebasadora. De este modo, examinando las listas de valores de RSRP para los dispositivos de UE 104 servidos por la celda x1 y los dispositivos de UE 104 servidos por la celda y4, se puede determinar que la celda y4 es una rebasadora y la celda x1 no es una rebasadora.

La FIGURA 17 muestra un proceso para determinar un estado rebasador de una celda. El proceso 1700 comienza en el bloque 1702 con la recepción de los MR de los dispositivos de UE 104 para cada celda. A partir de los MR, los dispositivos de UE 104 mejor servidos por cada celda se identifican en el bloque 1704. Las celdas se emparejan entonces con todas las otras celdas en el bloque 1706 y se calcula una distancia entre sitios y el número de dispositivos de UE superpuestos para cada par de celdas. La distancia entre sitios se puede normalizar por la distancia mediana entre sitios de una celda con sus vecinas superiores. La normalización se puede realizar dividiendo la distancia entre sitios de una celda de referencia (tal como x1) en el par a sus celdas vecinas de nivel n más cercanas superiores. La normalización se realiza para estandarizar una imagen a través de las celdas y crear una base de datos global de ejemplos del mundo real o bien simulados. Los pares de celdas atípicas se identifican entonces en el bloque 1708. Un par de celdas atípicas puede tener un número anormal de dispositivos de UE 104 de superposición en relación con la distancia entre sitios entre las celdas en el par de celdas. Para cada par atípico, las celdas candidatas rebasadoras se determinan en el bloque 1710. Entonces, en el bloque 1712, la rebasadora o rebasadoras entre las candidatas rebasadoras se determinan examinando listas clasificadas de valores de RSRP. Por ejemplo, como se ha descrito anteriormente, la celda rebasadora tendrá su valor de RSRP asociado cerca de la parte superior de los valores de RSRP de la otra celda en el par de celdas atípicas. El estado rebasador se asigna a la celda rebasadora en el bloque 1714.

Según otra realización, ahora se describirá un algoritmo para determinar un estado rebasador. El algoritmo usa cantidades denominadas $N()$, $Serving_Radius()$ y $Planned_Radius()$, que se definen de la siguiente manera.

$N(s)$ es el conjunto de todas las celdas vecinas en una lista de vecinas “estimada” de una celda de servicio s dada. El conjunto de $N(s)$ se puede inferir o estimar (ya sea haciendo uso de la información de acimut de la celda o sin ella) en base a la información extraída de uno o más MR. En un punto posterior en el algoritmo, $N(s)$ también se puede usar para calcular un factor de normalización de características, que es la suma de todos los MR servidos por la celda s y sus vecinas.

$Serving_Radius(s,o)$ correlaciona uno o más parámetros de topología que implican un par de celdas (la celda de servicio s y la celda vecina o) a un radio de celda de servicio s en la dirección de la celda o .

$Planned_Radius(s)$ de una celda s es el promedio o la mediana de $Serving_Radius(s,o)$ sobre un subconjunto predeterminado más relacionado de celdas o en la lista de vecinas de s , es decir, todo o en $N(s)$.

El algoritmo realiza la detección rebasadora de la siguiente manera. En una o más variables a nivel de celda para la celda c , un contador para el algoritmo cuenta los siguientes valores:

(1) El número de MR servidos por una celda c con un RSRQ de celda de servicio mala (por ejemplo, peor que $T3$ dB) y sin otras celdas de superposición significativas (es decir, las RSRP en la lista de MR que están dentro de $T2$ dB de la celda de servicio) que están “muy lejos”, como se determina por la distancia TA desde c . En este caso, $T3$ es un umbral de RSRQ predeterminado que separa una RSRQ buena de un MR (para la celda de servicio) de una RSRQ mala y puede estar en un intervalo de, por ejemplo, $[-20,0]$. $T2$ es una compensación de RSRP predeterminada para determinar si un par de celdas tienen una superposición significativa en un MR y pueden estar en un intervalo de, por ejemplo, $[9, 20]$. La distancia TA es un parámetro que se encuentra en el MR y representa una distancia estimada de un dispositivo de UE que entrega el MR desde su celda de servicio.

(2) El número de los MR servidos por la celda c con una RSRQ de celda de servicio mala (por ejemplo, peor que $T3$ dB) y otras celdas de superposición significativas presentes que están “muy lejos” en términos de distancia de TA desde c y de manera que el número de las celdas de superposición no vecinas “muy lejos” significativas forman una fracción significativa (por ejemplo, mayor que el umbral Tn) del número total de celdas de superposición. En este caso, Tn representa un umbral de una proporción de vecinas al número total de celdas vistas en un MR para la detección rebasadora. Como esta es una relación de números enteros pequeños, solamente ciertos valores cuantificados (por ejemplo, entre 0 y 1) tienen sentido como opciones de umbral.

(3) El número de los MR no servidos por la celda c con RSRQ de celda de servicio mala (por ejemplo, peor que $T3$ dB) y en la cual la celda c es una superpuesta significativa y también una no vecina “muy lejos” de la celda de servicio

(que en sí misma se ha evaluado que está “no muy lejos” del MR).

Este contador se normaliza entonces con un factor de normalización de culpa de c (es decir, el número de MR servidos por c y todas sus vecinas) y se compara con un umbral de Tos . En este caso, Tos es un umbral predeterminado y puede estar entre 0 y 1.

5 La celda c se declara una rebasadora si el contador de rebasamiento normalizado de la celda c excede Tos y la fracción de MR servidos por la celda c con respecto a un promedio de agrupación de análisis por celda excede $Tosormintraf$. En este caso, $Tosormintraf$ es un umbral predeterminado que representa una fracción mínima de tráfico (es decir, los MR servidos de un promedio de MR de celda/agrupación de análisis por celda) que una celda debe transportar antes de que sea elegible para ser declarada como una rebasadora. Esta última condición en el tráfico de la celda c es con propósito de inferencia estadística estable. Se observa que el juicio “muy lejos” anterior para un MR se basa en su relación de distancia TA (con respecto al radio planificado de la celda de servicio) que excede $Factor1Upper$. En este caso, $Factor1Upper$ representa un umbral predeterminado para comparar la relación de la distancia de MR basada en TA con un radio planificado de la celda de servicio y decidir si el MR está muy lejos.

15 La normalización de los contadores que usan el tráfico total (los MR servidos) de las celdas de servicio s y sus vecinas estimadas $N(s)$ es importante para asegurar el establecimiento de umbrales estándar invariables para el tráfico o el conjunto específico de las celdas que se analizan.

20 Los umbrales usados para rebasamiento, tales como Tos , se pueden aprender mediante análisis fuera de línea de pruebas de campo o datos de mercado reales. Si ejemplos etiquetados (por ingenieros expertos en el dominio) de rebasadores se usan para guiar el establecimiento del umbral, se llama aprendizaje supervisado; de otro modo, se llama aprendizaje no supervisado (que mira los agrupamientos de las métricas y los valores atípicos para determinar los umbrales). De manera similar, si los algoritmos automáticos aprenden los umbrales, se llama aprendizaje por máquina.

25 La FIGURA 18 muestra los estados de interferencia que se pueden asignar a una celda como se determina en el bloque 1010 de la FIGURA 10. Como se muestra en la FIGURA 18, una celda se puede considerar como que es una interferente fuerte/múltiple 1802, una interferente media/única 1804, o una interferente débil/no interferente 1806. Por supuesto, este es meramente un ejemplo. En otras realizaciones, puede haber estados interferentes intermedios adicionales entre interferente fuerte/múltiple 1802 e interferente débil/no interferente 1806 que representan niveles de interferencia diferentes. Una primera celda puede ser una celda que interfiere a una segunda celda si una RSRP asociada con la primera celda en un MR de un dispositivo de UE 104 mejor servido por la segunda celda está dentro de un intervalo de umbral de una RSRP promedio reportada por los dispositivos de UE 104 mejor servidos por la segunda celda.

30 La FIGURA 19 muestra un proceso para determinar un estado interferente de una celda. El proceso 1900 comienza en el bloque 1902 con la recepción de los MR de dispositivos de UE 104 para cada celda. A partir de los MR, los dispositivos de UE 104 mejor servidos por cada celda se identifican en el bloque 1904. En el bloque 1906, se hace una determinación en cada celda si una RSRP asociada con otra celda está dentro de una k superior de las RSRP para la celda y/o dentro de un intervalo de referencia de una RSRP promedio en cada celda. Una celda que tiene una RSRP dentro de una k superior de las RSRP para otra celda puede ser una interferente con esa celda. En el bloque 1908, se identifican los dispositivos de UE 104 mejor servidos por cada celda como que tiene una RS-SINR por debajo de un umbral de calidad debido a que una RSRP de otra celda que está dentro de un intervalo de umbrales de valores de RSRP superiores para la celda. Se mantiene un contador de culpa de interferencia en el bloque 1910 para cada celda como un par de celdas con las otras celdas para registrar cuántos dispositivos de UE 104 se ven afectados por una celda no de servicio. Un contador de culpa total para una celda se determina en el bloque 1912 sumando contadores de culpa de interferencia sobre todas las celdas afectadas. Una comprobación se hace en el bloque 1914 en cuanto a si el contador de culpa total es mayor que un primer o segundo umbral de interferencia. Si el contador de culpa total no es mayor que el primer o segundo umbral de interferencia, a la celda se le asigna un estado débil/no interferente en el bloque 1916. Si el contador de culpa total es mayor que el primer umbral de interferencia pero menor que la segunda interferencia umbral, a la celda se le asigna un estado de interferencia media/única en el bloque 1918. Si el contador de culpa total es mayor que el segundo umbral de interferencia, a la celda se le asigna un estado interferente fuerte/múltiple. El recuento de culpa total se puede normalizar por el número total de dispositivos de UE 104 servidos por todas las celdas en la vecindad de la celda a la que se le asigna un estado interferente.

55 La realización de la FIGURA 19 descrita anteriormente se basa en la consideración de una característica o métrica de interferencia, esto es, el número de dispositivos de UE que tienen una RS-SINR por debajo de un umbral de calidad. Este es meramente un ejemplo. En otras realizaciones, se pueden usar otras características de interferencia adicionales en el análisis, incluyendo un número de celdas que una celda particular afecta significativamente en términos de un número o porcentaje de dispositivos de UE 104 afectados, o una RSRP promedio o mediana de los MR de una celda interferente potencial de dispositivo de UE 104 servido por celdas vecinas. En algunas realizaciones, se pueden considerar múltiples características de interferencia contra múltiples umbrales correspondientes. Si se consideran las características de interferencia múltiple (cada una con un umbral correspondiente), se puede usar un algoritmo de agrupamiento tal como se muestra en las FIGURAS 3A-3E para analizar las características de interferencia múltiple concurrentemente.

60

La FIGURA 20 muestra los estados de calidad que se pueden asignar a una celda como se determina en el bloque 1012 de la FIGURA 10. Una celda se puede considerar como que es de buena calidad 2002 o de mala calidad 2004. A una celda particular con un cierto porcentaje de dispositivos de UE 104 de buena calidad donde la celda particular es el mejor servidor para los dispositivos de UE 104 se le asigna un estado de buena calidad. A una celda particular con menos que un cierto porcentaje de dispositivos de UE 104 de buena calidad donde la celda particular es el mejor servidor para los dispositivos de UE 104 se le asigna un estado de mala calidad. Un dispositivo de UE 104 de buena calidad es uno donde el valor de RS-SINR o RSRQ es mayor que un valor umbral de calidad. El umbral de calidad se puede fijar, ajustar dinámicamente o aprender de una manera supervisada, semisupervisada o no supervisada correlacionando la RS-SINR o la RSRQ del dispositivo de UE 104 contra los indicadores clave de rendimiento (KPI) y los indicadores clave de calidad (KQI) relevantes que describen una calidad de experiencia (QoE, por sus siglas en inglés) del dispositivo de UE 104. Por supuesto, los estados de calidad 2002-2004 mostrados en la FIGURA 20 son meramente un ejemplo. En otras realizaciones, puede haber uno o más estados de calidad intermedios adicionales entre buena calidad 2002 y mala calidad 2004 en base a umbrales intermedios de dispositivos de UE 104 de buena calidad.

La FIGURA 21 muestra un proceso 2100 para determinar un estado de calidad de una celda. El proceso 2100 comienza en el bloque 2102 con la recepción de los MR de los dispositivos de UE 104. A partir de los MR, esos dispositivos de UE 104 mejor servidos por la celda se identifican en el bloque 2104. Para los dispositivos de UE 104 mejor servidos por la celda, el valor de RS-SINR/RSRQ de los MR se compara con un valor umbral de calidad en el bloque 2106. Un porcentaje de dispositivos de UE 104 mejor servidos por la celda que excede el valor umbral de calidad se determina en el bloque 2108. En el bloque 2110, el porcentaje de dispositivos de UE 104 que exceden el valor umbral de calidad se compara con un porcentaje de referencia de calidad. Si el porcentaje de dispositivos de UE 104 que excede el valor umbral de calidad es mayor que el porcentaje de referencia de calidad, a la celda se le asigna un estado de buena calidad en el bloque 2112. Si el porcentaje de dispositivos de UE 104 que excede el valor umbral de calidad no es mayor que el porcentaje de referencia de calidad, a la celda se le asigna un estado de mala calidad en el bloque 2114. La asignación de un estado de buena o mala calidad a la celda afecta a los ajustes de los parámetros de configuración de antena para la celda. A la celda se le puede asignar un estado de buena o mala calidad en grados variables en base a cuánto del porcentaje es mayor o no mayor que el porcentaje de referencia de calidad. Los diferentes grados de estado de buena y mala calidad pueden proporcionar diferentes ajustes a los parámetros de configuración de antena de la celda.

La FIGURA 22 muestra un diagrama de bloques de un transceptor 2200 adaptado para transmitir y recibir señalización sobre la red de LTE 100. Se pueden implementar uno o más transceptores 2200 en los nodos de acceso por radio eNB 102 configurados para ajustar los parámetros de configuración de antena específicos de la celda y/o determinar los estados de celda, como se describe en las realizaciones en la presente memoria. Como se muestra, el transceptor 2200 comprende una interfaz del lado de la red 2202, un acoplador 2204, un transmisor 2206, un receptor 2208, un procesador de señal 2210 y una interfaz del lado del dispositivo 2212. La interfaz del lado de la red 2202 puede incluir cualquier componente o colección de componentes, incluyendo antenas adaptadas para transmitir o recibir señalización sobre la red de LTE 100. El acoplador 2204 puede incluir cualquier componente o colección de componentes adaptados para facilitar comunicación bidireccional sobre la interfaz del lado de la red 2202. El transmisor 2206 puede incluir cualquier componente o colección de componentes (por ejemplo, convertidor ascendente, amplificador de potencia, etc.) adaptado para convertir una señal en banda base en una señal portadora modulada adecuada para la transmisión sobre la interfaz del lado de la red 2202. El receptor 2208 puede incluir cualquier componente o colección de componentes (por ejemplo, convertidor descendente, amplificador de bajo nivel de ruido, etc.) adaptado para convertir una señal portadora recibida sobre la interfaz del lado de la red 2202 en una señal en banda base. El procesador de señal 2210 puede incluir cualquier componente o colección de componentes adaptados para convertir una señal en banda base en una señal de datos adecuada para su comunicación sobre la interfaz o interfaces del lado del dispositivo 2212, o viceversa. La interfaz o interfaces del lado del dispositivo 2212 pueden incluir cualquier componente o colección de componentes adaptados para comunicar señales de datos entre el procesador de señal 2210 y los componentes dentro del dispositivo central (por ejemplo, dispositivos de UE 104, puertos de red de área local (LAN, por sus siglas en inglés), etc.).

El transceptor 2200 puede transmitir y recibir señalización sobre cualquier tipo de medio de comunicación. En algunas realizaciones, el transceptor 2200 transmite y recibe señalización sobre un medio inalámbrico. Por ejemplo, el transceptor 2200 puede ser un transceptor inalámbrico adaptado para comunicarse según un protocolo de telecomunicaciones inalámbricas, tal como un protocolo celular (por ejemplo, evolución a largo plazo (LTE), etc.), un protocolo de red de área local inalámbrica (WLAN, por sus siglas en inglés) (por ejemplo, Wi-Fi, etc.) o cualquier otro tipo de protocolo inalámbrico (por ejemplo, Bluetooth, comunicación de campo cercano (NFC, por sus siglas en inglés), etc.). En tales realizaciones, la interfaz del lado de la red 2202 comprende uno o más elementos de antena/radiación. Por ejemplo, la interfaz del lado de la red 2202 puede incluir una única antena, múltiples antenas separadas o una agrupación de múltiples antenas configuradas para comunicación de múltiples capas, por ejemplo, entrada única salida múltiple (SIMO, por sus siglas en inglés), entrada múltiple salida única (MISO, por sus siglas en inglés), entrada múltiple salida múltiple (MIMO, por sus siglas en inglés), etc. Los parámetros de configuración de estas antenas se ajustan en base a uno o más estados de la celda como se ha determinado anteriormente. En otras realizaciones, el transceptor 2200 transmite y recibe señalización sobre un medio cableado, por ejemplo, cable de par trenzado, cable coaxial, fibra óptica, etc. Los sistemas de procesamiento y/o transceptores específicos pueden utilizar todos los

componentes mostrados, o solamente un subconjunto de los componentes, y los niveles de integración pueden variar de un dispositivo a otro.

La FIGURA 23 ilustra un ejemplo simplificado de un componente informático de propósito general 2300 adecuado para implementar una o más realizaciones descritas en la presente memoria. El componente informático 2300 se puede incorporar en cada celda para determinar uno o más estados de la celda como se ha tratado anteriormente. Las características descritas anteriormente para ajustar los parámetros de configuración de antena específicos de la celda y/o determinar los estados de la celda se pueden implementar en cualquier componente informático de propósito general, tal como un ordenador o un componente de red con suficiente potencia de procesamiento, recursos de memoria y capacidad de procesamiento de la red para manejar la carga de trabajo necesaria que se le asigna. Por ejemplo, el componente informático 2300 se puede implementar en cada nodo de acceso por radio eNB 102 o en un servidor centralizado a nivel de red para realizar las características descritas en la presente memoria. El componente informático 2300 incluye un procesador 2302 (al que se puede hacer referencia como unidad de procesador central o CPU) que está en comunicación con dispositivos de memoria que incluyen almacenamiento secundario 2304, memoria de sólo lectura (ROM, por sus siglas en inglés) 2306, memoria de acceso aleatorio (RAM, por sus siglas en inglés) 2308, dispositivos de entrada/salida (I/O, por sus siglas en inglés) 2310 y dispositivos de conectividad de red/componente 2312. El procesador 2302 se puede implementar como uno o más chips de CPU, o puede ser parte de uno o más circuitos integrados de aplicaciones específicas (ASIC, por sus siglas en inglés).

El almacenamiento secundario 2304 se compone típicamente de uno o más discos duros o unidades de cinta y se usa para el almacenamiento no volátil de datos y como un dispositivo de almacenamiento de datos de desbordamiento si la RAM 2308 no es lo suficientemente grande para contener todos los datos de trabajo. El almacenamiento secundario 2304 se puede usar para almacenar programas que se cargan en la RAM 2308 cuando tales programas se seleccionan para su ejecución. La ROM 2306 se usa para almacenar instrucciones y quizás datos que se leen durante la ejecución del programa. La ROM 2306 es un dispositivo de memoria no volátil que típicamente tiene una capacidad de memoria pequeña en relación con la capacidad de memoria más grande del almacenamiento secundario 2304. La RAM 2308 se usa para almacenar datos volátiles y quizás para almacenar instrucciones. El acceso tanto a la ROM 2306 como a la RAM 2308 es típicamente más rápido que al almacenamiento secundario 2304.

Soluciones a problemas de optimización de red casi en tiempo real a gran escala

Las realizaciones de esta descripción proporcionan un planteamiento general para resolver problemas de optimización de red casi en tiempo real a gran escala (por ejemplo, casos de uso de SON). Las realizaciones de esta descripción pueden dividir redes grandes en subgrupos de redes más pequeñas, y luego optimizar las decisiones de control para los subgrupos usando una técnica de fortalecimiento simulada. El fortalecimiento simulado (SA, por sus siglas en inglés) es un planteamiento metaheurístico probabilístico genérico para resolver problemas de optimización global que sitúan una buena aproximación al óptimo global de una función dada en un espacio de búsqueda grande. En una realización, un método puede identificar y/o ordenar dinámicamente celdas problemáticas a nivel global o de subgrupo, y optimizar celdas en base a la prioridad de manera que las celdas más problemáticas se optimicen primero. En algunas realizaciones, las soluciones de auto aprendizaje se ejecutan en línea en base a realimentación en tiempo real (por ejemplo, los MR de UE, los KPI, los errores, las recompensas). Las soluciones de auto aprendizaje también se pueden ejecutar fuera de línea en base a una simulación.

Las realizaciones de esta descripción pueden proporcionar técnicas para evitar optimización local para obtener soluciones óptimas globalmente, o casi óptimas globalmente. Esto se puede lograr a través de búsqueda aleatoria guiada basada en fortalecimiento simulado (SA) a través del aprendizaje en línea a partir de la experiencia con el sistema y la optimización proactiva fuera de línea a través de simuladores, aceptando la solución peor según algunos criterios (por ejemplo, Metropolis), etc.

Las realizaciones de esta descripción proporcionan técnicas autónomas, de bucle cerrado, adaptativas y de auto aprendizaje que son robustas a través de diferentes implementaciones de red. Los planteamientos de realización pueden utilizar supuestos de modelado mínimos, y pueden ser insensibles a carecer de información de localización de UE y/o parámetros de ingeniería inexactos.

Los parámetros de control para la agrupación de celdas se pueden adaptar usando una realización del algoritmo de fortalecimiento simulado adaptativo autónomo. Los aspectos de esta descripción proporcionan algoritmos de fortalecimiento simulados adaptativos autónomos. Un algoritmo de realización se describe mediante los diez pasos siguientes.

El primer paso comprende obtener una solución inicial (S) y una temperatura inicial (T₀). En una realización, la temperatura inicial (T₀) se selecciona en base a un objetivo o función de coste durante una simulación fuera de línea. En otra realización, la temperatura de inicio (T₀) se selecciona aumentando la temperatura de inicio (T₀) hasta que una relación de aceptación exceda un umbral, por ejemplo, noventa por ciento, etc.

El segundo paso comprende evaluar el coste de la solución inicial usando restricciones (por ejemplo, umbrales y ponderaciones para parámetros (por ejemplo, RSRP, SINR) usados en la función objetivo). Esto puede incluir un proceso de normalización que considere el coste por celda, la relación del coste total al número total de UE y la relación

de coste a número de UE por celda. El segundo paso también puede considerar el coste por celda o por área (por ejemplo, todas las celdas o grupo parcial de celdas tales como vecinas), porcentaje de coste (por ejemplo, relación de coste por celda a número de UE por celda) y distribución (por ejemplo, ponderada por celda).

5 El tercer paso comprende generar una nueva solución (Snew). La nueva solución se puede generar usando varios algoritmos de algoritmo adaptativo (por ejemplo, en línea), incluyendo un algoritmo uniforme, una búsqueda aleatoria guiada (por ejemplo, Gaussiana, Cauchy). La nueva solución también se puede generar a través de una simulación fuera de línea combinada con aprendizaje de refuerzo. La generación de la nueva solución puede incluir la selección de qué celda o celdas han de ser ajustadas. Las celdas se pueden elegir aleatoriamente, usando un planteamiento heurístico, por ejemplo, ordenado por coste al UE no por celda, primer m, probabilidad exponencial), o usando un planteamiento híbrido (por ejemplo, parte aleatoria y parte heurística). El número de celdas que se optimizan puede ser fijo (por ejemplo, X número de celdas) o adaptativo (por ejemplo, en base a la prioridad o la gravedad de las celdas problemáticas). Se pueden ajustar uno o más parámetros por iteración. Se pueden aplicar varios mecanismos de cambio/acción/perturbación para ajustar los parámetros a ser ajustados. Por ejemplo, los parámetros se pueden ajustar en la dirección positiva o negativa. Los ajustes pueden usar diferentes parámetros de ajuste de tamaño de paso, por ejemplo, paso pequeño, paso grande, tamaño de paso absoluto, tamaño de paso relativo, tamaño/intervalo de paso fijo, tamaño/intervalo de paso adaptativo dependiendo de la temperatura a nivel del sistema/celda o simulación fuera de línea, etc.

20 El cuarto paso incluye evaluar el coste de la nueva solución. El quinto paso incluye determinar si seleccionar la nueva solución como la solución actual. Esta decisión puede considerar varios criterios y puede estar basada en la probabilidad y/o basada en el umbral. Por ejemplo, la decisión puede considerar criterios relacionados con el coste de la nueva solución, por ejemplo, la diferencia entre el coste de la nueva solución y el coste óptimo, el coste por UE o por celda, etc. El sexto paso determina si no se ha alcanzado una condición de equilibrio (# de iteraciones llevadas a cabo antes de la actualización T). Si no es así, entonces la técnica vuelve al paso tres. El séptimo paso comprende aprender de la experiencia obtenida durante los seis primeros pasos, por ejemplo, realimentación del sistema, error, recompensa, etc. Este paso puede actualizar modelos y/o parámetros, tales como los parámetros de control (por ejemplo, temperatura a nivel de sistema/celda Tn), modelos de propagación usados por los simuladores, parámetros de ingeniería, parámetros/modelos para identificar celdas problemáticas, generar una nueva solución y aceptar la nueva solución, etc.

30 El octavo paso determina si se ha cumplido una condición de retroceso/salvaguarda. Si es así, la técnica retrocede a una solución previa según algunos criterios. Este paso puede ser útil al evitar soluciones localmente óptimas. El noveno paso determina si se ha alcanzado un criterio de terminación según algunos criterios. Si no es así, entonces la técnica vuelve al paso tres. El décimo paso devuelve todas las soluciones y los parámetros relevantes, por ejemplo, Sbest, Cbest, S, C, Sall y Call.

35 La FIGURA 24 ilustra un diagrama de flujo de realización para ajustar los parámetros de comunicación para una agrupación de celdas usando un algoritmo de fortalecimiento simulado adaptativo autónomo. Como se muestra, el método 2400 comienza identificando todas las celdas problemáticas. A continuación, el método 2400 genera subgrupos de celdas a ser optimizadas. A partir de entonces, el método 2400 selecciona subgrupos de celdas a ser optimizadas en paralelo y/o subgrupos de celdas a ser optimizadas secuencialmente. Posteriormente, el método 2400 selecciona celdas a ser optimizadas en cada subgrupo. A continuación, el método 2400 genera una nueva solución. A partir de entonces, el método 2400 determina si se selecciona o no la nueva solución a nivel de sistema.

40 Si la nueva solución se selecciona a nivel de sistema, entonces el método 2400 determina si se selecciona o no la nueva solución a nivel de celda. Si la nueva solución se selecciona a nivel del sistema, entonces el método 2400 procede a aprender de su experiencia. Cuando se aprende de la solución, el método 2400 puede registrar la solución y actualizar los modelos/parámetros. Después de aprender de la experiencia, el método 2400 determina si terminar el subgrupo. Si se termina el subgrupo, entonces el método 2400 vuelve a seleccionar las celdas a ser optimizadas en el subgrupo. Si no se termina el subgrupo, entonces el método 2400 emite la mejor solución, y luego determina si terminar la sesión de SON. Si el nuevo sistema se rechaza a nivel de sistema o a nivel de celda, entonces el método 2400 vuelve de nuevo.

50 Los aspectos de esta descripción proporcionan técnicas para generar nuevas soluciones para celdas seleccionadas durante el auto aprendizaje basado en SA. La FIGURA 25 ilustra un diagrama de flujo de realización para generar nuevas soluciones para celdas seleccionadas durante el auto aprendizaje basado en SA. Como se muestra, el método 2500 comienza iniciando una nueva ronda de optimización para una celda seleccionada. Se pueden usar varios criterios para determinar cuándo iniciar una nueva ronda de optimización. En algunas realizaciones, los grupos de dos o más celdas se pueden optimizar en paralelo. En una realización, una nueva ronda de optimización se puede iniciar solamente después de que un cierto número de celdas en el grupo hayan terminado la ronda anterior de optimización. Durante la nueva ronda de optimización, se selecciona una dirección para la celda. Las direcciones posibles pueden incluir direcciones generadas aleatoriamente y/o predefinidas para parámetros de RF, por ejemplo, inclinación de antena electrónica, potencia (arriba/0, abajo/0, 0/arriba, 0/abajo, 0/0), etc. Las direcciones se pueden determinar usando técnicas adaptativas en línea o a través de simulación fuera de línea. Se pueden usar varios métodos para determinar la dirección, por ejemplo, aleatoria guiada, aprender de la experiencia (por ejemplo, dirección con máxima probabilidad de ganancia positiva), heurística (por ejemplo, sistema experto, caja blanca), simulación fuera de línea

(por ejemplo, Netlab), orden de direcciones predefinido, adaptativo (por ejemplo, inclinación arriba si la actual Inclinación $e < (\max - \min)/2$), aprendizaje de refuerzo, etc.

5 A partir de entonces, el parámetro o parámetros se ajustan en base a un tamaño de paso en la dirección seleccionada, después de lo cual se genera una solución. A continuación, el método 2500 determina si continuar dando pasos en la dirección actual. Si es así, los parámetros se ajustan una vez más en la dirección seleccionada, y se genera una solución. En algún punto, se toma la determinación de cambiar la dirección de la celda actual, en cuyo punto los parámetros se ajustan en una dirección diferente. Las salidas se generan de forma iterativa hasta que se alcanza una condición de terminación, por ejemplo, se han considerado todas las direcciones, se ha considerado un número umbral de direcciones, etc. A partir de entonces, se selecciona una nueva celda, y se evalúan direcciones de la nueva celda para generar las soluciones correspondientes. Las celdas en el subconjunto seleccionado se evalúan iterativamente hasta que se alcanza otra condición de terminación, en cuyo punto se emite una nueva solución. Las condiciones de terminación pueden ocurrir después de realizar un número umbral de iteraciones o rondas. Las condiciones de terminación también pueden incluir criterios basados en los resultados, por ejemplo, ganancia negativa, número de ganancias negativas, número de rechazos, etc.

15 La FIGURA 26 ilustra un gráfico de los resultados de las simulaciones del método 2500 descrito en la FIGURA 25. Estos resultados se obtuvieron comenzando una nueva ronda de ajuste sin esperar a que todas las celdas se ajusten en la ronda anterior. Se realizaron tres rondas de ajuste. La FIGURA 27 ilustra un gráfico de los resultados de las simulaciones del método 2500 descrito en la FIGURA 25. Estos resultados se obtuvieron comenzando una nueva ronda de ajustes solamente después de que todas las celdas se hubieran ajustado en la ronda anterior.

20 La FIGURA 28 ilustra un diagrama de flujo de realización para ajustar los parámetros de comunicación para una agrupación de celdas usando un algoritmo de fortalecimiento simulado adaptativo autónomo. Como se muestra, el método 2800 comienza identificando todas las celdas problemáticas. A continuación, el método 2800 genera subgrupos de celdas a ser optimizadas. A partir de entonces, el método 2800 selecciona subgrupos de celdas a ser optimizadas en paralelo y/o subgrupos de celdas a ser optimizadas secuencialmente. Posteriormente, el método 2800 selecciona celdas a ser optimizadas en cada subgrupo. A continuación, el método 2800 genera una nueva solución. A partir de entonces, el método 2800 determina si seleccionar o no la nueva solución a nivel de sistema.

30 Si la nueva solución se selecciona a nivel de sistema, entonces el método 2800 determina si seleccionar o no la nueva solución a nivel de celda. Si la nueva solución se selecciona a nivel de sistema, entonces el método 2800 pasa a aprender de su experiencia. Cuando se aprende de la solución, el método 2800 puede registrar la solución y actualizar los modelos/parámetros. Después de aprender de la experiencia, el método 2800 determina si terminar el subgrupo. Si se termina el subgrupo, entonces el método 2800 vuelve a seleccionar las celdas para ser optimizadas en el subgrupo. Si no se termina el subgrupo, entonces el método 2800 emite la mejor solución, y entonces determina si terminar la sesión de SON. Si el nuevo sistema se rechaza a nivel de sistema o a nivel de celda, entonces el método 2800 vuelve de nuevo.

35 Los aspectos de esta descripción proporcionan técnicas para ajustar dinámicamente los parámetros de configuración de radiofrecuencia (RF, por sus siglas en inglés) específicos de la celda (por ejemplo, inclinación de la antena eléctrica, potencia piloto de símbolo de referencia (RS, por sus siglas en inglés), etc.) para optimizar una función objetivo. En una realización, los parámetros de RF de una única celda se ajustan para maximizar una métrica de rendimiento por celda. En otra realización, los parámetros de RF para dos o más celdas se ajustan conjuntamente para maximizar una métrica de rendimiento de la red, por ejemplo, QoE en términos de cobertura, capacidad, etc.

40 En algunas realizaciones, los parámetros se ajustan incrementalmente en línea. Los parámetros se pueden ajustar conjuntamente para las diferentes celdas en una agrupación, y la realimentación resultante de los informes de medición (MR) de UE se puede observar continuamente en un bucle cerrado para optimización a largo plazo. La realimentación real del UE (por ejemplo, sin estimación del modelo de propagación) en los MR para actualizar la función objetivo, para identificar los indicadores de estado de la celda, y para hacer ajustes de parámetros por pasos. En algunas realizaciones, la función objetivo no depende de la información de localización del UE.

50 Siempre que los MR (RSRP, RS-SINR o RSRQ) de los UE representativos estén disponibles para un cambio de parámetros dado, la función objetivo se puede evaluar con precisión. Por tanto, la función objetivo puede no requerir la inclinación correcta de la antena y la información de potencia. Las funciones objetivas del sistema y las métricas a nivel de celda pueden ser agregaciones de información de estado del UE (por ejemplo, los MR, etc.) que no requieren una localización individual del UE para su evaluación. Incluso si los parámetros de configuración iniciales son inexactos, se pueden ajustar aún en una dirección significativa usando el hecho de que los cambios de parámetros conducen a cambios medibles en las métricas de la celda/del sistema.

55 Los aspectos de esta descripción proporcionan técnicas de fortalecimiento simulado adaptativo (SA) que combinan optimización en línea de la red real a través de búsqueda aleatoria guiada basada en SA de bucle cerrado y optimización proactiva fuera de línea de parámetros y/o acciones relevantes explorando eficientemente el espacio de solución a través de redes simuladas (por ejemplo, Netlab, Unet) iterativamente, con el fin de aprender de experiencias, tales como errores y recompensas. Esto puede permitir que se seleccionen acciones en base a realimentación en tiempo real del sistema. Las realizaciones pueden seleccionar y evolucionar dinámicamente las mejores acciones

posibles para la optimización en línea, lo que puede permitir que el sistema se adapte a nuevas condiciones o situaciones imprevistas. Las realizaciones también pueden actualizar los modelos y parámetros usados por SA y/o simuladores basados en la realimentación en línea del sistema en tiempo real, para proporcionar una convergencia rápida y escapar de la trampa de la optimización local.

5 Los aspectos de esta descripción también proporcionan técnicas de optimización de SON de realización que utilizan un planteamiento de aprendizaje iterativo para ajustar los parámetros de configuración de red inalámbrica. En particular, un controlador genera y evalúa iterativamente soluciones globales sobre una secuencia de iteraciones. Durante este proceso, el controlador usa la experiencia obtenida de la evaluación de soluciones globales durante iteraciones anteriores cuando se generan soluciones globales en iteraciones posteriores. Esto se puede lograr usando
10 los resultados de la evaluación para actualizar los parámetros (por ejemplo, modelo de topología, patrones de tráfico/uso) de un algoritmo heurístico/adaptativo usado para generar las soluciones globales. De esta forma, el controlador aprende más acerca de la red (por ejemplo, topología, condiciones, patrones de tráfico, etc.) durante cada iteración sucesiva, que en última instancia permite que el controlador adapte más estrechamente las soluciones globales a la red. Como se usa en la presente memoria, el término “solución global” se refiere a un conjunto de
15 soluciones locales para dos o más áreas de cobertura de red inalámbrica en una red inalámbrica. Cada “solución local” especifica uno o más parámetros de configuración inalámbrica para un área de cobertura de red inalámbrica particular. Por ejemplo, en el contexto de CCO, una solución local puede especificar una inclinación de antena de un punto de acceso en un área de cobertura de red inalámbrica y/o un nivel de potencia de transmisión (por ejemplo, enlace ascendente, enlace descendente o de otro modo) para el área de cobertura de red inalámbrica. En algunas realizaciones, las soluciones globales se evalúan durante la implementación en línea. En otras realizaciones, las soluciones globales se evalúan fuera de línea mientras que otras se evalúan en línea. Por ejemplo, la solución global de mejor rendimiento obtenida de un número dado de simulaciones iterativas se puede implementar durante un período de prueba en línea. Las soluciones globales se pueden generar de una manera que busque mejorar las métricas de rendimiento de las celdas de peor rendimiento. Por ejemplo, los parámetros de configuración inalámbrica para una
20 solución global se pueden seleccionar con el fin de mejorar las métricas de rendimiento en áreas de cobertura inalámbrica asociadas con los costes más altos.

Se pueden usar varias técnicas para evaluar las soluciones globales. En algunas realizaciones, cada solución global se evalúa para determinar si satisface uno o más criterios de rendimiento global, por ejemplo, un coste total, un coste por celda promedio, etc. Si la solución global no satisface los criterios de rendimiento global, entonces el controlador puede volver de nuevo a una solución global anterior, por ejemplo, una solución global de menor coste calculada durante una iteración anterior. Si la solución global satisface los criterios de rendimiento global, entonces el controlador puede evaluar cada solución local especificada por la solución global para determinar qué soluciones locales satisfacen los criterios de rendimiento local correspondientes. Se pueden usar diferentes criterios de rendimiento local para evaluar soluciones locales para diferentes áreas de cobertura. Las soluciones locales que dejan de satisfacer sus
30 criterios de rendimiento local correspondientes se pueden sustituir con soluciones locales anteriores, por ejemplo, una solución local por defecto, una solución local definida por una solución global calculada en una iteración anterior, etc. En algunas realizaciones, los criterios de rendimiento global son un punto de referencia relativo establecido durante una iteración previa (por ejemplo, la solución global de menor coste calculada antes de la solución global actual), mientras que los criterios de rendimiento local son un punto de referencia absoluto, por ejemplo, un nivel mínimo de rendimiento para una celda dada.

En algunas realizaciones, las funciones de coste se usan para evaluar la solución global. El coste puede ser un coste general para un conjunto de áreas de cobertura o un coste por celda promedio para un conjunto de áreas de cobertura. En el contexto de la cobertura y la optimización de la capacidad, una función de coste para una solución global puede incluir un parámetro de RSRP y un parámetro de interferencia, por ejemplo, un nivel de SINR, etc. En una realización, el componente de RSRP corresponde a un número de usuarios que reportan, o se proyecta que reporten, una medición de RSRP por debajo de un umbral de RSRP durante un período fijo, y el componente de interferencia corresponde a un número de usuarios que reportan, o se proyecta que reporten, una medición de interferencia por encima de un umbral de interferencia durante el período fijo. En tal realización, se puede usar la siguiente función de coste: Coste = $0,5 * \text{Num_UE}(\text{RSRP} \leq \text{Thr_rsrp}) + 0,5 * \text{Num_UE}(\text{INT} \geq \text{thr_int})$, donde Num_UE (RSRP ≤ Thr_rsrp) es el número de UE que reportan, o se proyecta que reporten, los niveles de RSRP por debajo de un umbral de RSRP durante un período fijo, y Num_UE (INT ≥ thr_int) es el número de UE que reportan, o se proyecta que reporten, los niveles de interferencia por debajo de un umbral de interferencia durante el período fijo. En tal ejemplo, los niveles de interferencia pueden corresponder a los niveles de SINR obtenidos midiendo las señales de referencia.

55 Un sistema para determinar los estados de celda para ajustar los parámetros de configuración de antena incluye un módulo de recepción para recibir, en un nodo de acceso por radio en una red, informes de medición de una pluralidad de dispositivos de equipo de usuario. Cada nodo de acceso por radio que incluye un módulo de análisis de cobertura para determinar un análisis de cobertura débil en respuesta a los informes de medición para determinar si a una celda proporcionada por el nodo de acceso por radio se le asigna un estado de buena cobertura o un estado de cobertura débil. El módulo de análisis de cobertura también para realizar un análisis de rebasamiento en respuesta a los informes de medición para determinar si a la celda proporcionada por el nodo de acceso por radio se le asigna un estado rebasador o un estado no rebasador. El módulo de análisis de cobertura también para realizar un análisis de interferencia en respuesta a los informes de medición para determinar si a la celda proporcionada por el nodo de
60

acceso por radio se le asigna un estado interferente o un estado no interferente. El módulo de análisis de cobertura también para realizar un análisis de calidad en respuesta a los informes de medición para determinar si a la celda proporcionada por el nodo de acceso por radio se le asigna un estado de buena calidad o un estado de mala calidad. Finalmente, un módulo de ajuste para realizar o hacer ajustes a los parámetros de configuración de antena de la celda proporcionados por el nodo de acceso por radio en respuesta a los diversos estados asignados a la celda.

Un sistema para ajustar los parámetros de configuración de antena específicos de la celda para mejorar el rendimiento de la red incluye un módulo de recepción para recibir, en cada uno de una pluralidad de nodos de acceso por radio en una red, informes de medición de una pluralidad de dispositivos de equipo de usuario. El sistema incluye además, en cada uno de los nodos de acceso por radio, un módulo de ajuste para realizar ajustes incrementales base a los parámetros de configuración de una o más antenas en el nodo de acceso por radio en respuesta a los informes de medición, en donde los informes de medición se procesan para derivar uno o más de los siguientes parámetros en los que se basan los ajustes: métricas a nivel de celda que representan la cuota de culpa de cada celda para los informes de medición que indican una cobertura o calidad inadecuada y las combinaciones de etiquetas de celda que indican cualquiera de una cobertura, calidad, interferencia o estado rebasador de cada celda. Los módulos de recepción del sistema se configuran para recibir, en cada nodo de acceso por radio, informes de medición adicionales de la pluralidad de dispositivos de equipo de usuario después de los ajustes incrementales y continúan realizando ajustes incrementales base a los parámetros de configuración de una o más antenas en los nodos de acceso por radio en respuesta a los informes de medición después de ajustes incrementales previos hasta que haya ocurrido un límite de mejora. Los módulos de ajuste del sistema se configuran además para realizar ajustes a los parámetros de configuración de una o más antenas en los nodos de acceso por radio según un procedimiento de búsqueda matemática que maximiza una función objetivo de cobertura y calidad en respuesta al límite de mejora hasta que se logre un valor de función objetivo deseado o para un cierto número de iteraciones o hasta que no se realice ninguna mejora adicional.

En algunas realizaciones, alguna o todas las funciones o procesos de uno o más de los dispositivos se implementan o soportan por un programa de ordenador que se forma a partir de un código de programa legible por ordenador y que se incorpora en un medio legible por ordenador. La frase "código" incluye cualquier tipo de código de ordenador, incluyendo código fuente, código objeto y código ejecutable. La frase "medio legible por ordenador" incluye cualquier tipo de medio capaz de ser accedido por un ordenador, tal como memoria de sólo lectura (ROM), memoria de acceso aleatorio (RAM), una unidad de disco duro, un disco compacto (CD), un disco de video digital (DVD), o cualquier otro tipo de memoria. Tras la ejecución, el programa de ordenador puede detectar trazas centrales, convertir las trazas centrales en un formato jerárquico, generar la base de datos de funciones genéticas y determinar los costes de preferencia asociados con las funciones genéticas.

Puede ser ventajoso exponer definiciones de ciertas palabras y frases usadas en todo este documento de patente. Los términos "incluyen" y "comprenden", así como los derivados de los mismos, significan inclusión sin limitación. El término "o" es inclusivo, significa y/o. Las frases "asociado con" y "asociado con el mismo", así como los derivados de los mismos, significan incluir, estar incluido dentro, interconectarse con, contener, estar contenido dentro, conectarse a o con, acoplarse a o con, ser comunicable con, cooperar con, intercalar, yuxtaponer, estar próximo a, estar unido a o con, tener, tener una propiedad de o similar.

Aunque esta descripción ha descrito ciertas realizaciones y métodos generalmente asociados, las alteraciones y permutaciones de estas realizaciones y métodos serán evidentes y fácilmente discernible por los expertos en la técnica. Por consiguiente, la descripción anterior de realizaciones de ejemplo no define ni restringe esta descripción. También son posibles otros cambios, sustituciones y alteraciones sin apartarse del alcance de esta descripción como se define por las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un método para determinar estados de celda para ajustar parámetros de configuración de antena, el método que comprende:

5 recibir, en un nodo de acceso por radio (102) en una red (100), informes de medición de una pluralidad de dispositivos de equipo de usuario (UE) (104);

10 realizar, en el nodo de acceso por radio (102), un análisis de cobertura débil (1006) en respuesta a los informes de medición para determinar si a una celda proporcionada por el nodo de acceso por radio (102) se le asigna un estado de buena cobertura (1102) o un estado de cobertura débil (1104), en donde la asignación de cobertura se basa en los valores de potencia recibida de señal de referencia, RSRP, en los informes de medición, MR, transmitidos por los dispositivos de UE (104) servidos por la celda proporcionada por el nodo de acceso por radio (102);

15 realizar, en el nodo de acceso por radio (102), un análisis de rebasamiento (1008) en respuesta a los informes de medición para determinar si a la celda proporcionada por el nodo de acceso por radio (102) se le asigna un estado rebasador (1402) o un estado no rebasador (1404);

20 realizar, en el nodo de acceso por radio (102), un análisis de interferencia (1010) en respuesta a los informes de medición para determinar si a la celda proporcionada por el nodo de acceso por radio (102) se le asigna un estado interferente (1802, 1804) o un estado no interferente (1806), en donde la celda es una celda interferente a una segunda celda si una RSRP asociada con la celda en un MR de un dispositivo de UE (104) mejor servido por la segunda celda está dentro de un intervalo umbral de una RSRP promedio reportada por dispositivos de UE (104) mejor servidos por la segunda celda;

25 realizar, en el nodo de acceso por radio (102), un análisis de calidad (1012) en respuesta a los informes de medición para determinar si a la celda proporcionada por el nodo de acceso por radio (102) se le asigna un estado de buena calidad (2002) o un estado de mala calidad (2004), en donde una celda a la que se le asigna un estado de buena calidad tiene un cierto porcentaje de dispositivos de UE de buena calidad donde la celda es el mejor servidor para los dispositivos de UE, donde un dispositivo de UE de buena calidad tiene una relación señal a interferencia más ruido de señal de referencia, RS-SINR, o un valor de calidad recibida de señal de referencia, RSRQ, mayor que un valor umbral de calidad,

30 en donde una celda a la que se le asigna un estado de mala calidad tiene menos de un cierto porcentaje de dispositivos de UE de buena calidad donde la celda es el mejor servidor para los dispositivos de UE; y

35 realizar, en el nodo de acceso por radio (102), ajustes a los parámetros de configuración de antena de la celda proporcionados por el nodo de acceso por radio (102) en respuesta a los diversos estados asignados a la celda, caracterizado por que el análisis de rebasamiento (1008) comprende:

40 calcular distancias entre sitios entre la celda proporcionada por el nodo de acceso por radio (102) y otras celdas en la red (100);

45 determinar un número de dispositivos de equipo de usuario (104) superpuestos entre la celda proporcionada por la red de acceso por radio y las otras celdas en la red (100),

en donde un dispositivo de UE (104) se considera en un estado superpuesto si aparece un par de celdas en los k valores superiores de la lista de valores de RSRP determinados a partir del MR transmitido y/o la diferencia entre los valores de RSRP es menor que un cierto umbral;

40 identificar si la celda proporcionada por el nodo de acceso por radio y una segunda celda en la red (100) son un par de celdas atípicas en base a si un número de dispositivos de equipo de usuario (104) superpuestos excede un umbral de superposición para una distancia entre sitios asociada entre la celda proporcionada por el nodo de acceso por radio y la segunda celda, en donde la identificación de un par de celdas atípicas indica que al menos una celda en el par de celdas está en un estado rebasador;

45 determinar si la celda proporcionada por el nodo de acceso por radio o la segunda celda es una rebasadora en base a una clasificación de la celda proporcionada por el nodo de acceso por radio y la segunda celda en una o más listas de celdas clasificadas por al menos un valor reportado en los Informes de medición.

2. El método de la reivindicación 1, en donde el análisis de cobertura débil (1006) comprende:

50 identificar un primer número de dispositivos de equipo de usuario (104) servidos por la celda que tienen buena cobertura (1102);

identificar un segundo número de dispositivos de equipo de usuario (104) servidos por la celda que tienen una cobertura de borde débil (1106); e

identificar un tercer número de dispositivos de equipo de usuario (104) servidos por la celda que tienen una cobertura interior débil (1108).

3. El método de la reivindicación 2, en donde el análisis de cobertura débil (1006) comprende además:

5 determinar una relación de cobertura débil de dispositivos de equipo de usuario (104) servidos por la celda desde el primer, segundo y tercer números;

asignar el estado de buena cobertura a la celda proporcionada por la red de acceso por radio en respuesta a una relación de cobertura débil que no excede un umbral de relación de cobertura; y

asignar el estado de cobertura débil a la celda proporcionada por la red de acceso por radio en respuesta a la relación de cobertura débil que excede el umbral de la relación de cobertura.

10 4. El método de cualquiera de las reivindicaciones 2 a 3, en donde el análisis de cobertura débil (1006) comprende además:

determinar una relación de borde débil y una relación de interior débil de dispositivos de equipo de usuario (104) servidos por la celda del primer, segundo y tercer números;

15 asignar un estado de borde débil (1106) a la celda proporcionada por la red de acceso por radio en respuesta a la relación de borde débil que excede un umbral de relación de borde; y

asignar un estado de interior débil (1108) a la celda proporcionada por la red de acceso por radio en respuesta a la relación de interior débil que excede un umbral de relación de interior.

5. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en donde el análisis de interferencia (1010) comprende:

20 identificar dispositivos de equipo de usuario (104) en la red (100) con un valor de calidad por debajo de un nivel umbral;

determinar si la celda proporcionada por el nodo de acceso por radio (102) tiene una potencia recibida de señal de referencia que afecta al valor de calidad de los dispositivos de equipo de usuario (104) en la red (100); y

mantener un contador para registrar un número de dispositivos de equipo de usuario (104) afectados por la celda proporcionada por el nodo de acceso por radio.

25 6. El método de la reivindicación 5, en donde el análisis de interferencia (1010) comprende además:

asignar un estado débil/no interferente (1806) a la celda proporcionada por el nodo de acceso por radio en respuesta al número de dispositivos de equipo de usuario (104) afectados por la celda proporcionada por el nodo de acceso por radio que es menor que un primer valor umbral;

30 asignar un estado de interferencia media/única (1804) a la celda proporcionada por el nodo de acceso por radio en respuesta al número de dispositivos de equipo de usuario (104) afectados por la celda proporcionada por el nodo de acceso por radio que es mayor que el primer valor umbral y menor que un segundo umbral; y

asignar un estado de interferencia fuerte/múltiple (1802) a la celda proporcionada por el nodo de acceso por radio en respuesta al número de dispositivos de equipo de usuario (104) afectados por la celda proporcionada por el nodo de acceso por radio que es mayor que el segundo valor umbral.

35 7. Un aparato (2300) para determinar estados de celda para ajustar parámetros de configuración de antena, el aparato que comprende:

una memoria (2306) que almacena instrucciones de programación; y

un procesador (2302), tras ejecutar las instrucciones de programación, configurado para realizar el método de una cualquiera de las reivindicaciones de 1 a 6.

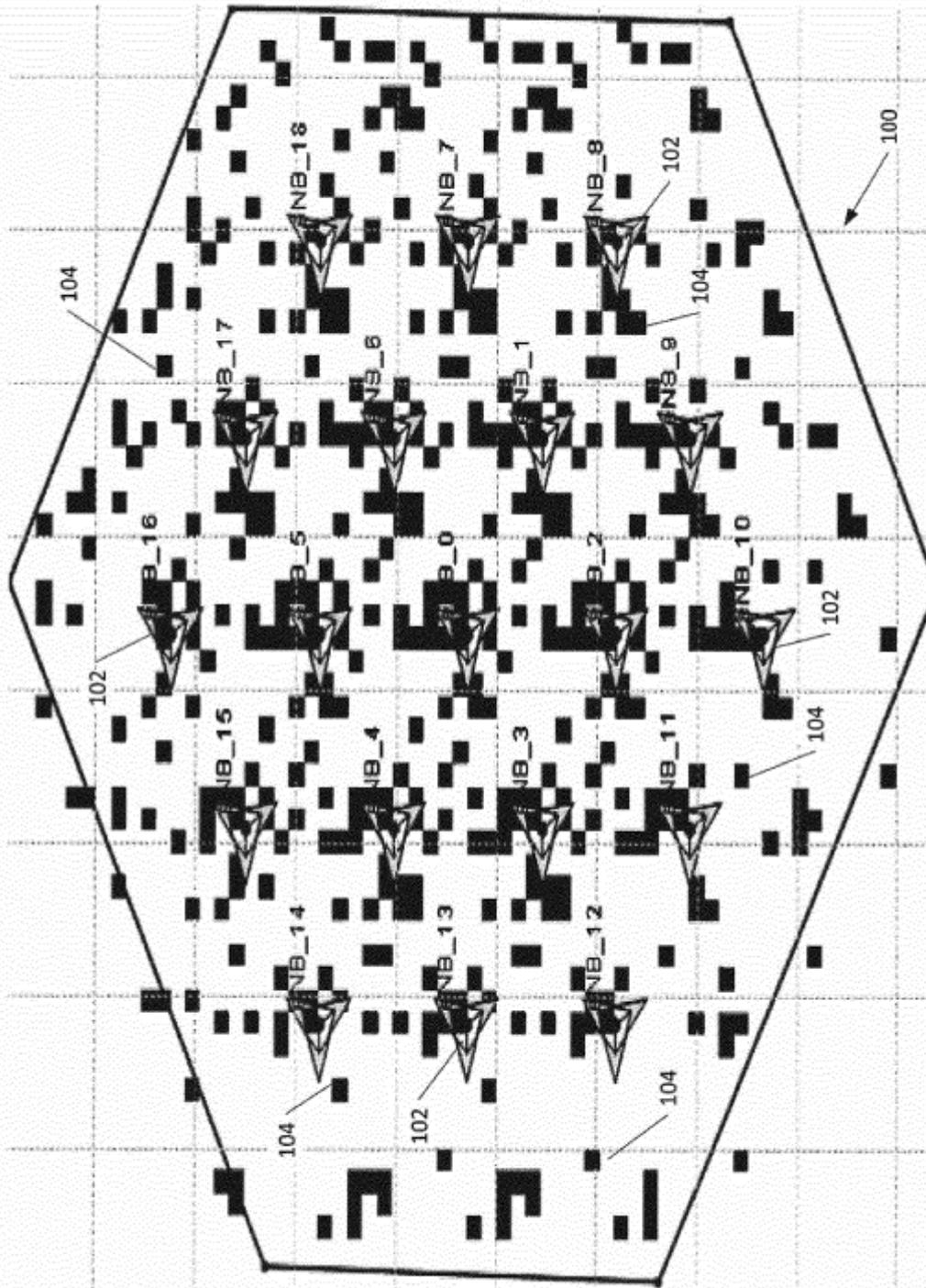


FIG. 1

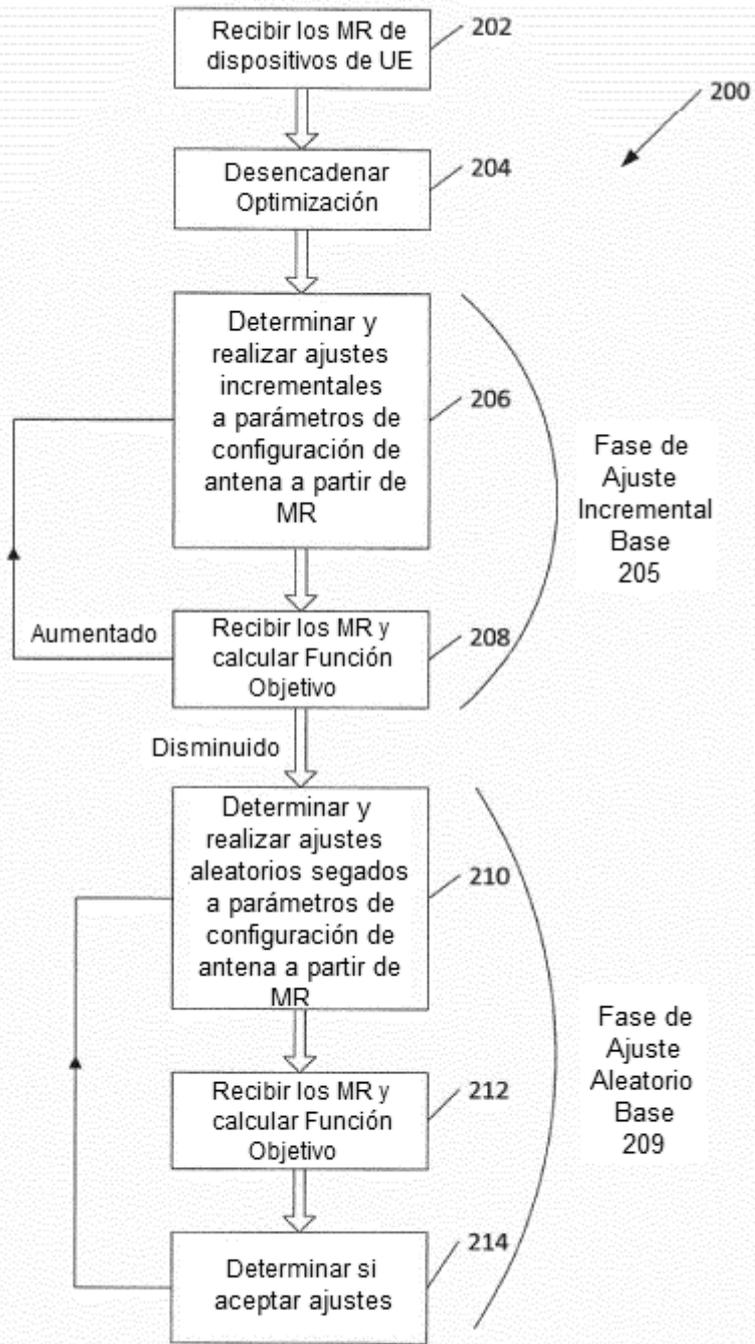
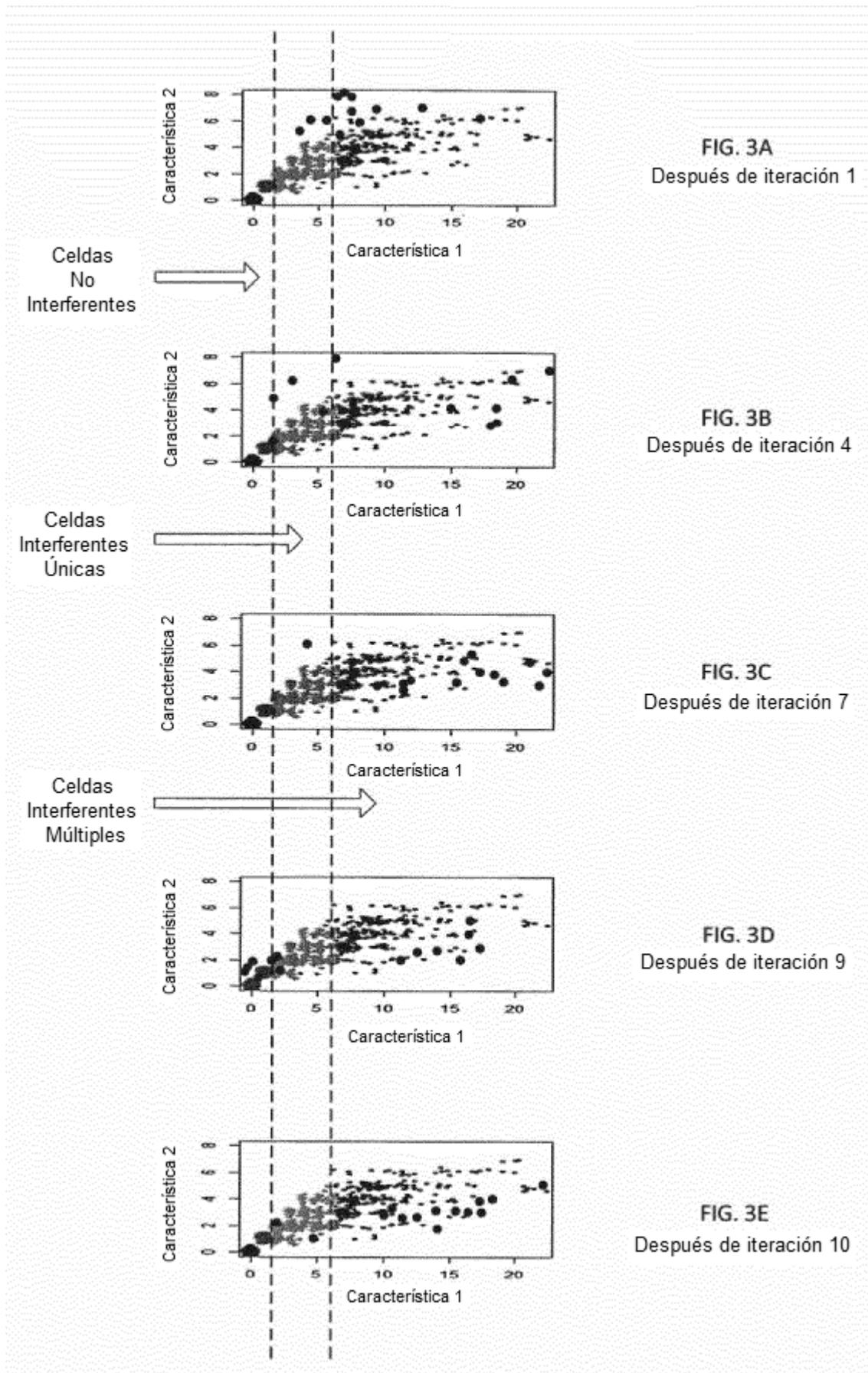


FIG. 2



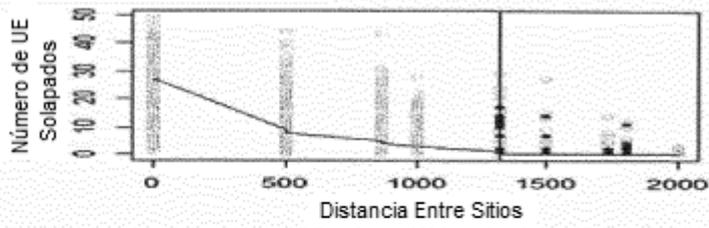


FIG. 4A
Después de iteración 1

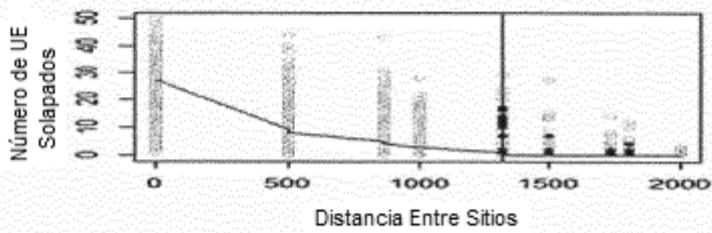


FIG. 4B
Después de iteración 4

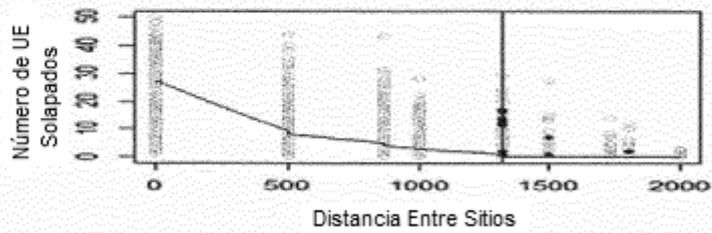


FIG. 4C
Después de iteración 7

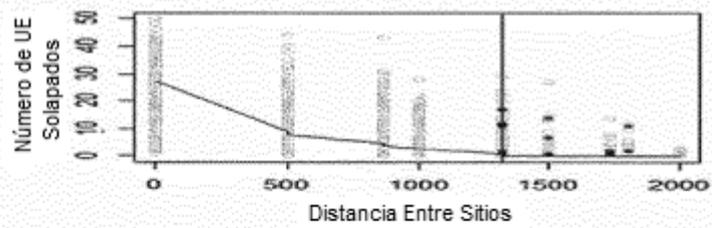


FIG. 4D
Después de iteración 9

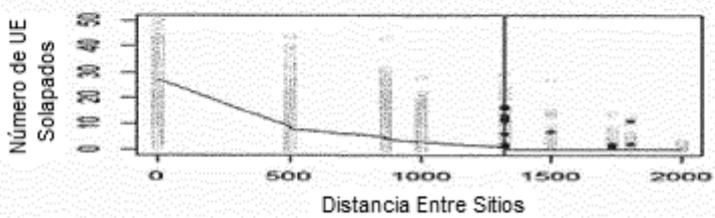


FIG. 4E
Después de iteración 10

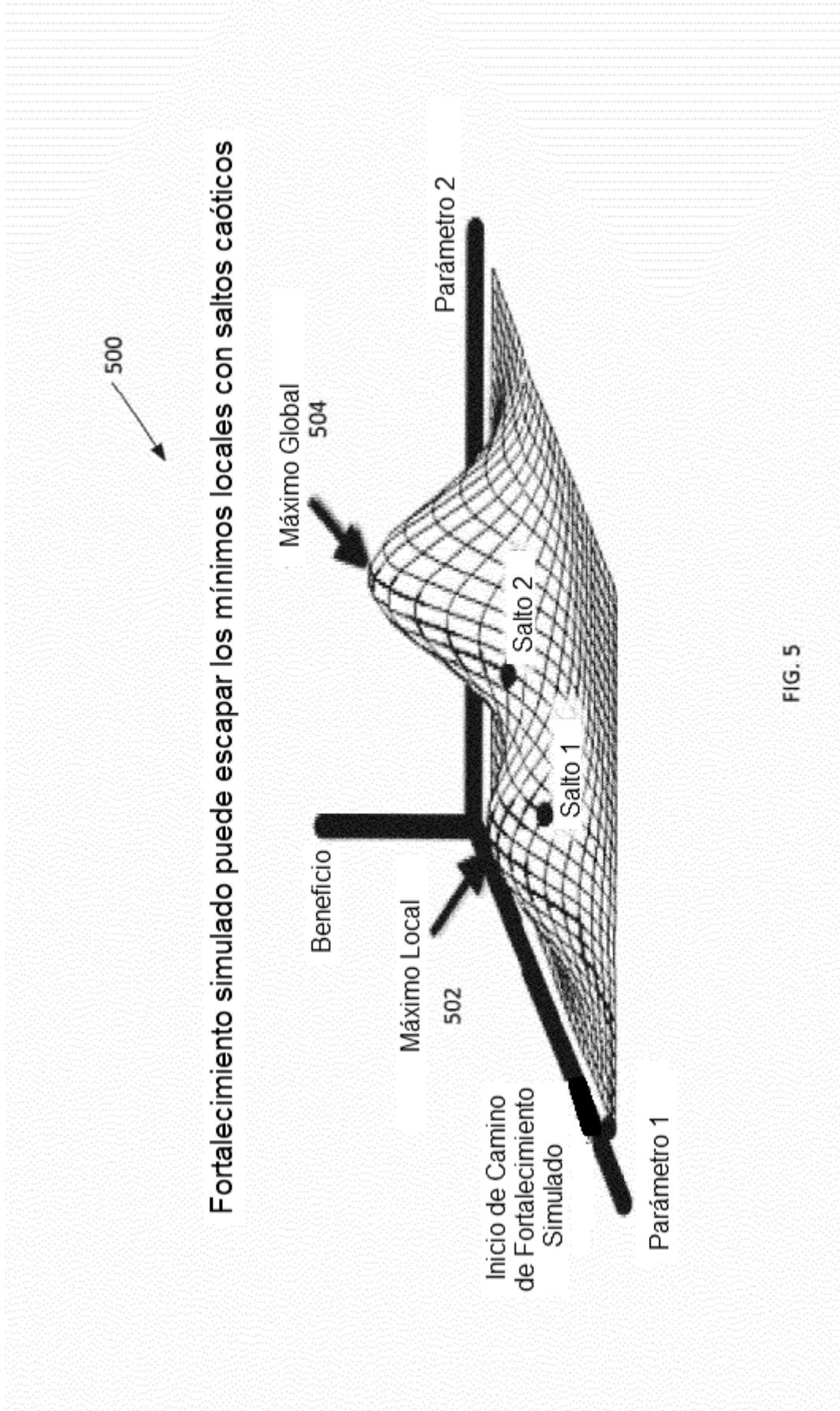


FIG. 5

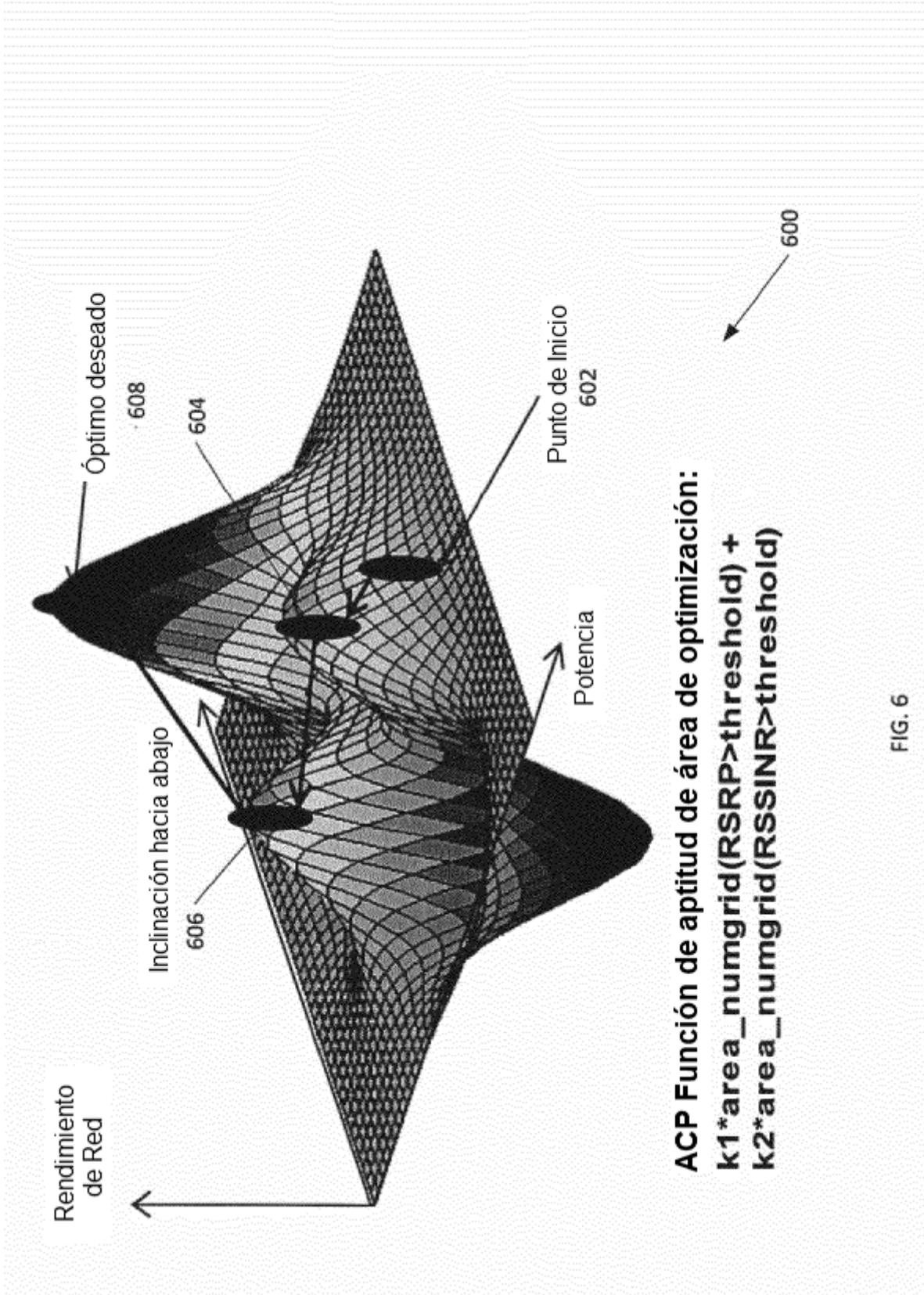
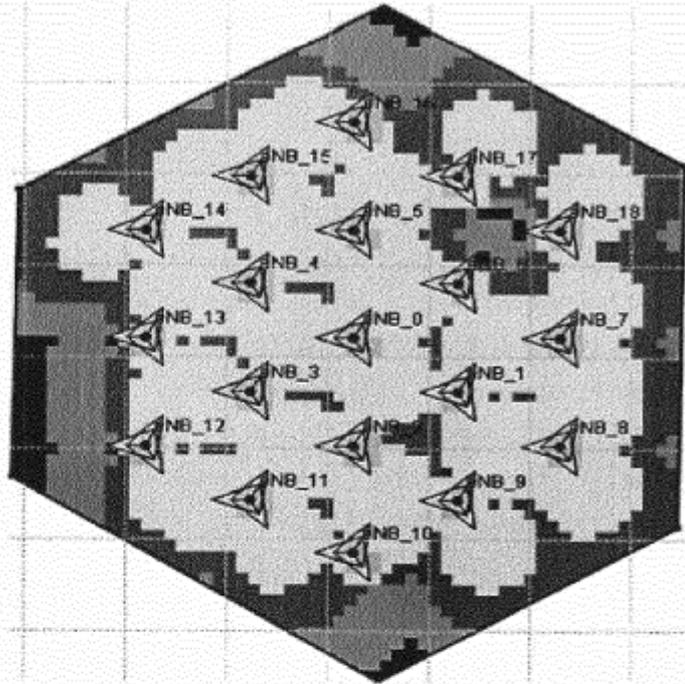


FIG. 6

Iteración 1

■ **RSRP**

- LTE RSRP(dBm) > 0
- -50 < LTE RSRP(dBm) <= 0
- -80 < LTE RSRP(dBm) <= -50
- -90 < LTE RSRP(dBm) <= -80
- -100 < LTE RSRP(dBm) <= -90
- -105 < LTE RSRP(dBm) <= -100
- -110 < LTE RSRP(dBm) <= -105
- -120 < LTE RSRP(dBm) <= -110
- LTE RSRP(dBm) <= -120



■ **RS SINR**

- 25 < LTE RS SINR(dB) <= 60
- 20 < LTE RS SINR(dB) <= 25
- 15 < LTE RS SINR(dB) <= 20
- 10 < LTE RS SINR(dB) <= 15
- 5 < LTE RS SINR(dB) <= 10
- 0 < LTE RS SINR(dB) <= 5
- -5 < LTE RS SINR(dB) <= 0
- LTE RS SINR(dB) <= -5

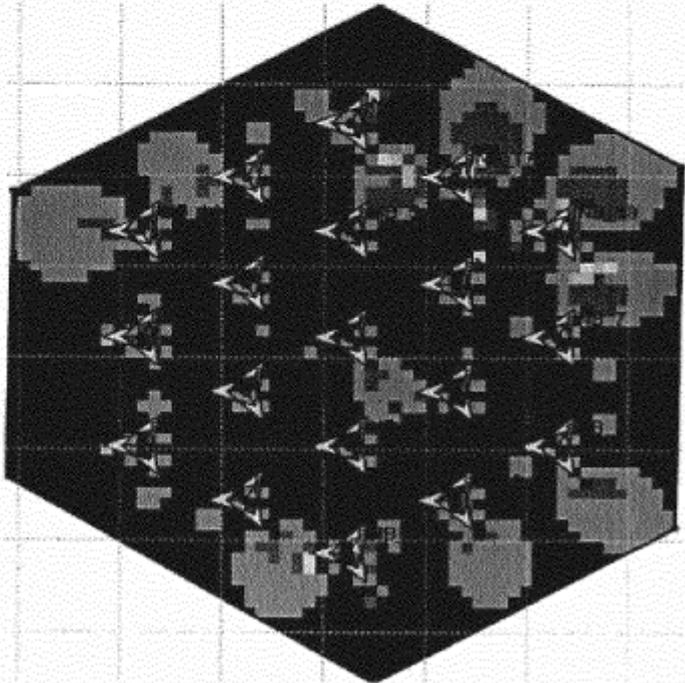
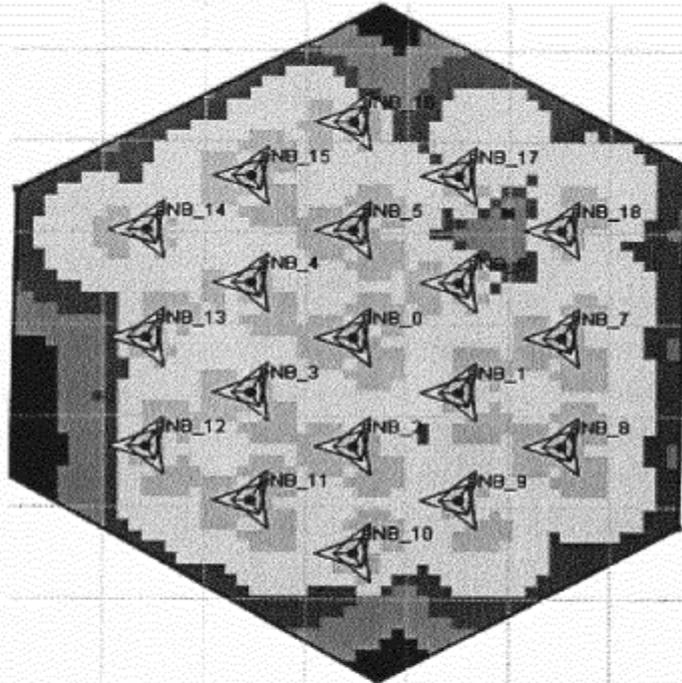


FIG. 7A

Iteración 4

■ **RSRP**

- LTE RSRP(dBm)>0
- -50<LTE RSRP(dBm)<=0
- -80<LTE RSRP(dBm)<=-50
- -90<LTE RSRP(dBm)<=-80
- -100<LTE RSRP(dBm)<=-90
- -105<LTE RSRP(dBm)<=-100
- -110<LTE RSRP(dBm)<=-105
- -120<LTE RSRP(dBm)<=-110
- LTE RSRP(dBm)<=-120



■ **RS SINR**

- 25<LTE RS SINR(dB)<=60
- 20<LTE RS SINR(dB)<=25
- 15<LTE RS SINR(dB)<=20
- 10<LTE RS SINR(dB)<=15
- 5<LTE RS SINR(dB)<=10
- 0<LTE RS SINR(dB)<=5
- -5<LTE RS SINR(dB)<=0
- LTE RS SINR(dB)<=-5

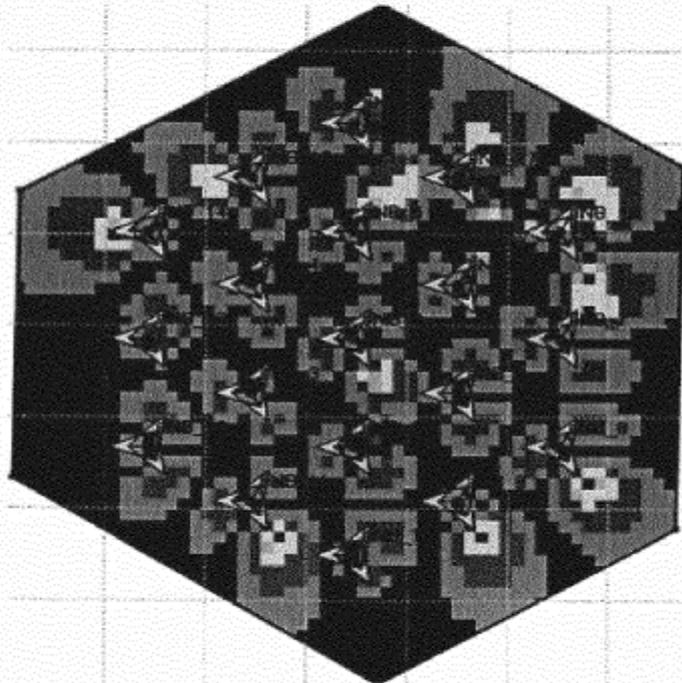
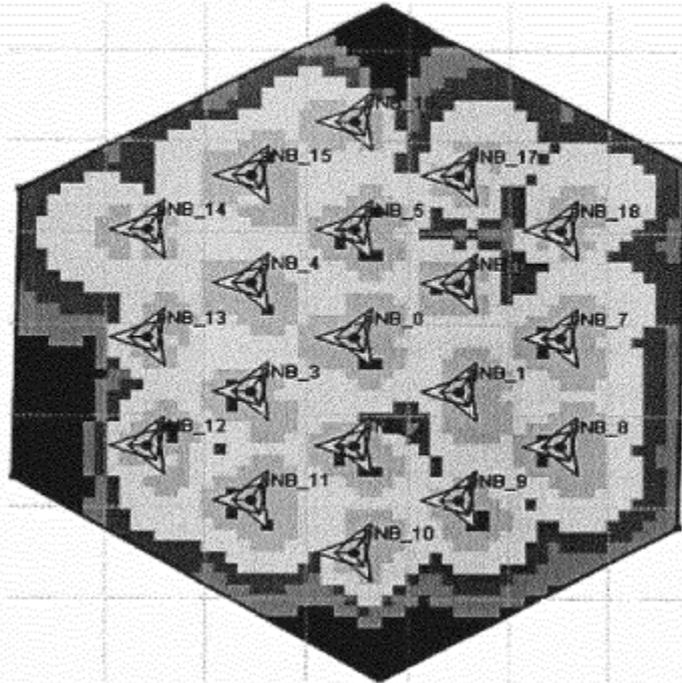


FIG. 7B

Iteración 7

■ **RSRP**

- LTE RSRP(dBm)>0
- -50<LTE RSRP(dBm)<=0
- -80<LTE RSRP(dBm)<=-50
- -90<LTE RSRP(dBm)<=-80
- -100<LTE RSRP(dBm)<=-90
- -105<LTE RSRP(dBm)<=-100
- -110<LTE RSRP(dBm)<=-110
- -120<LTE RSRP(dBm)<=-110
- LTE RSRP(dBm)<=-120



■ **RS SINR**

- 25<LTE RS SINR(dB)<=60
- 20<LTE RS SINR(dB)<=25
- 15<LTE RS SINR(dB)<=20
- 10<LTE RS SINR(dB)<=15
- 5<LTE RS SINR(dB)<=10
- 0<LTE RS SINR(dB)<=5
- -5<LTE RS SINR(dB)<=0
- LTE RS SINR(dB)<=-5

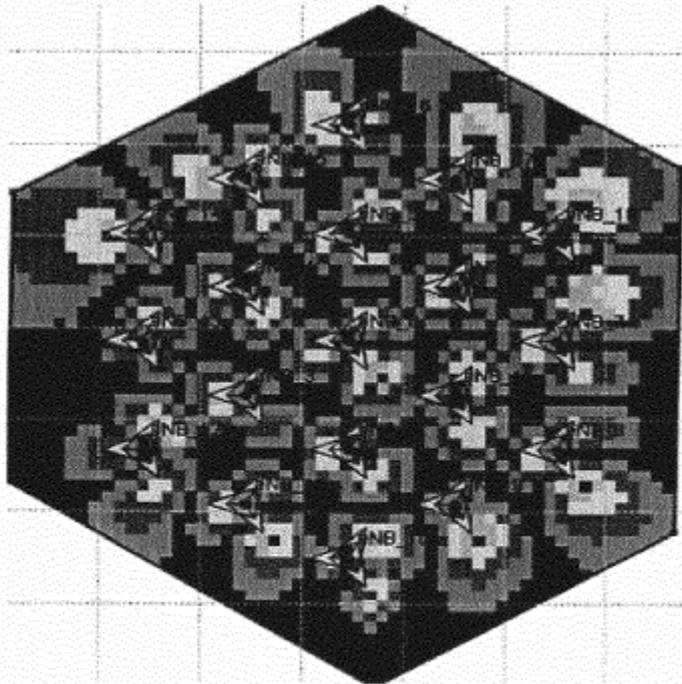
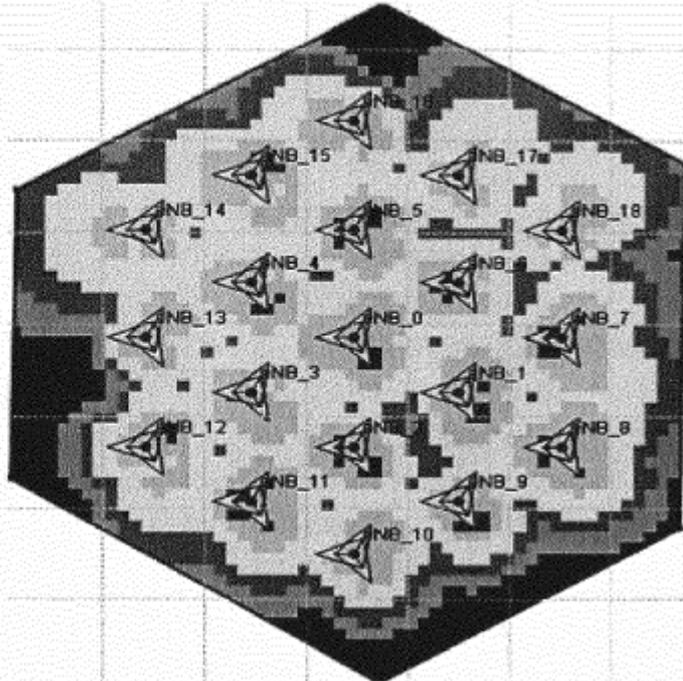


FIG. 7C

Iteración 9

■ **RSRP**

- LTE RSRP(dBm)>0
- -50<LTE RSRP(dBm)<=0
- -80<LTE RSRP(dBm)<=-50
- -90<LTE RSRP(dBm)<=-80
- -100<LTE RSRP(dBm)<=-90
- -105<LTE RSRP(dBm)<=-100
- -110<LTE RSRP(dBm)<=-110
- -120<LTE RSRP(dBm)<=-110
- LTE RSRP(dBm)<=-120



■ **RS SINR**

- 25<LTE RS SINR(dB)<=60
- 20<LTE RS SINR(dB)<=25
- 15<LTE RS SINR(dB)<=20
- 10<LTE RS SINR(dB)<=15
- 5<LTE RS SINR(dB)<=10
- 0<LTE RS SINR(dB)<=5
- -5<LTE RS SINR(dB)<=0
- LTE RS SINR(dB)<=-5

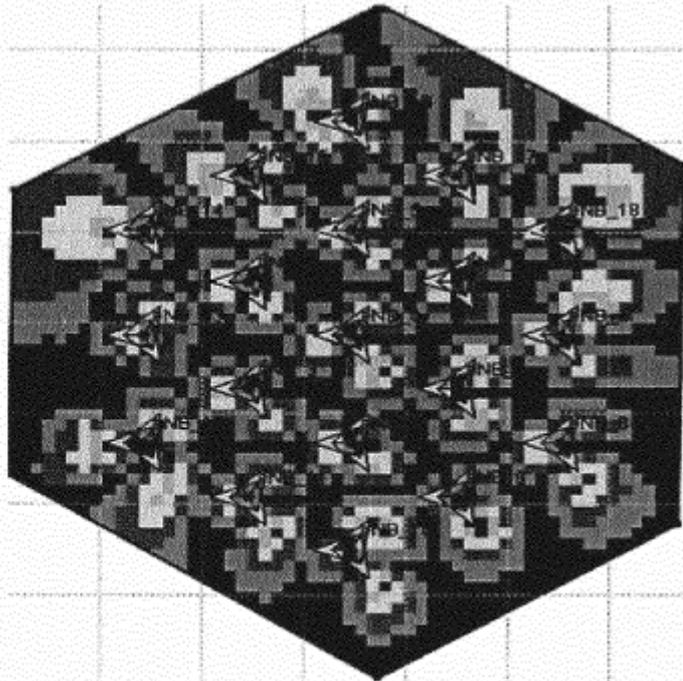
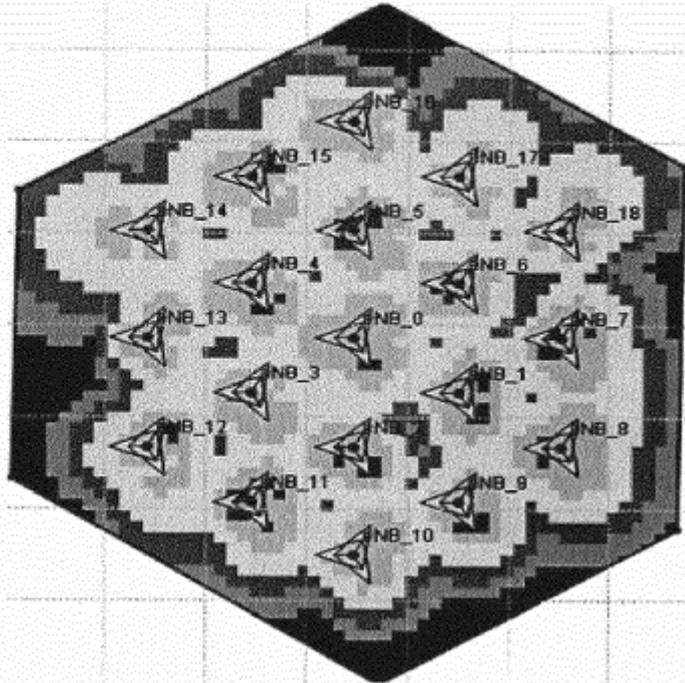


FIG. 7D

Iteración 10

■ **RSRP**

- LTE RSRP(dBm) > 0
- -50 < LTE RSRP(dBm) <= 0
- -80 < LTE RSRP(dBm) <= -50
- -90 < LTE RSRP(dBm) <= -80
- -100 < LTE RSRP(dBm) <= -90
- -105 < LTE RSRP(dBm) <= -100
- -110 < LTE RSRP(dBm) <= -105
- -120 < LTE RSRP(dBm) <= -110
- LTE RSRP(dBm) <= -120



■ **RS SINR**

- 25 < LTE RS SINR(dB) <= 60
- 20 < LTE RS SINR(dB) <= 25
- 15 < LTE RS SINR(dB) <= 20
- 10 < LTE RS SINR(dB) <= 15
- 5 < LTE RS SINR(dB) <= 10
- 0 < LTE RS SINR(dB) <= 5
- -5 < LTE RS SINR(dB) <= 0
- LTE RS SINR(dB) <= -5

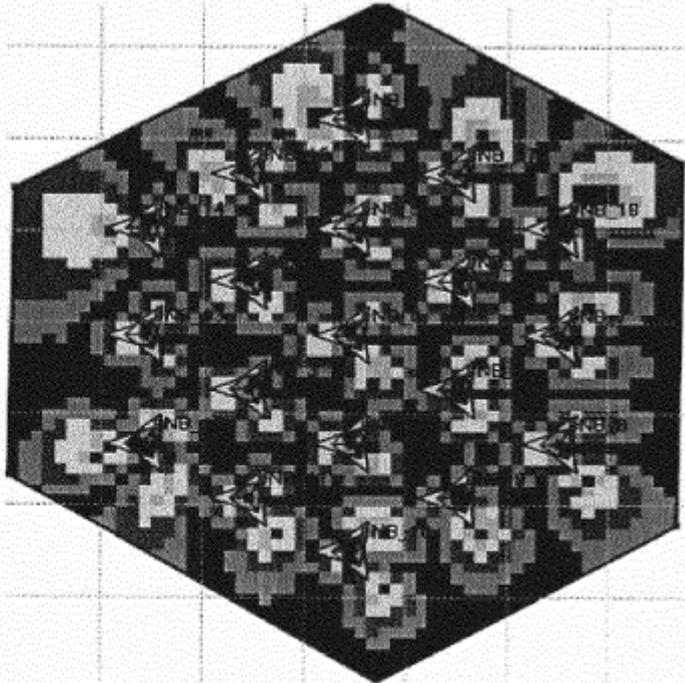


FIG. 7E

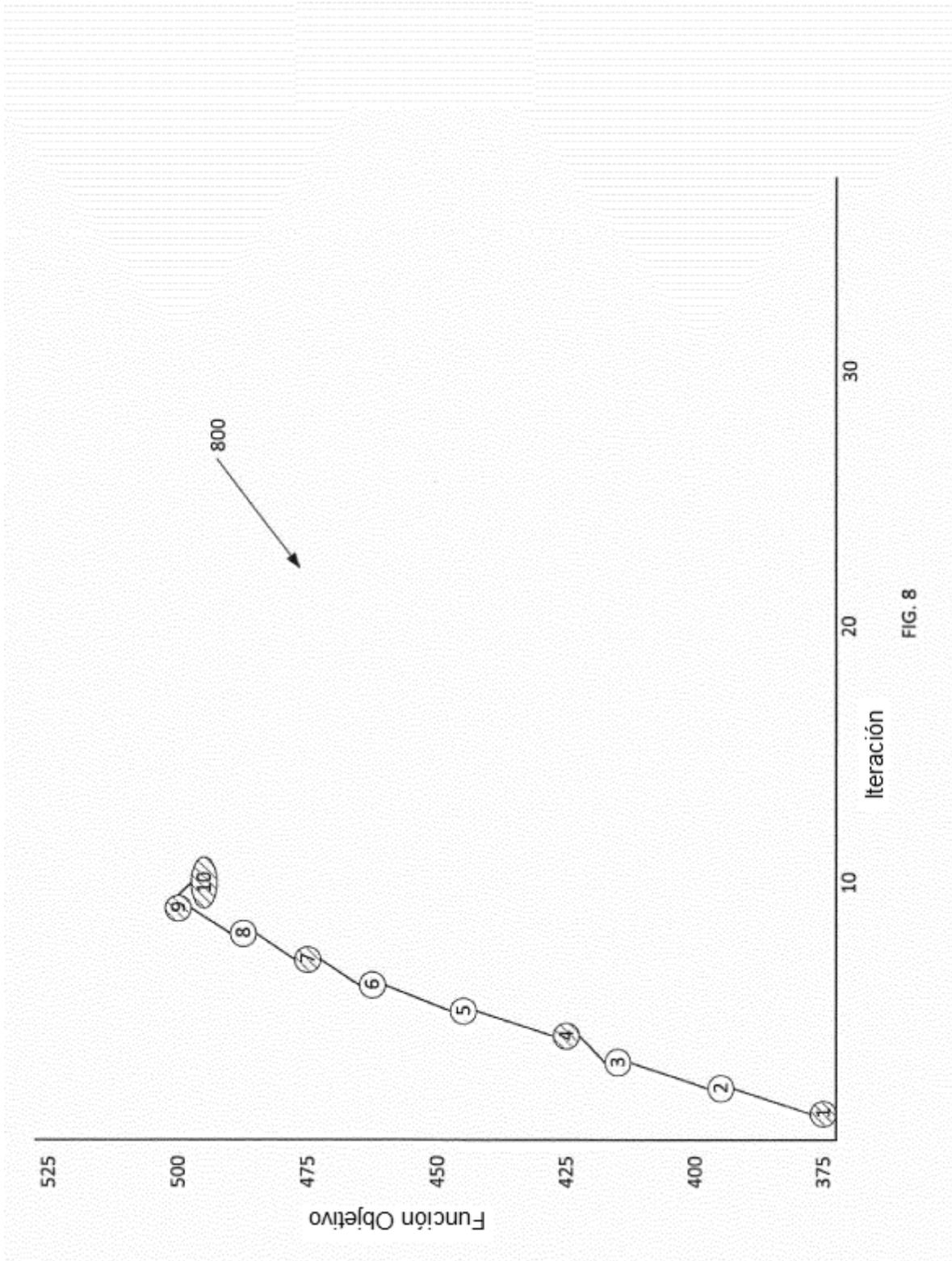


FIG. 8

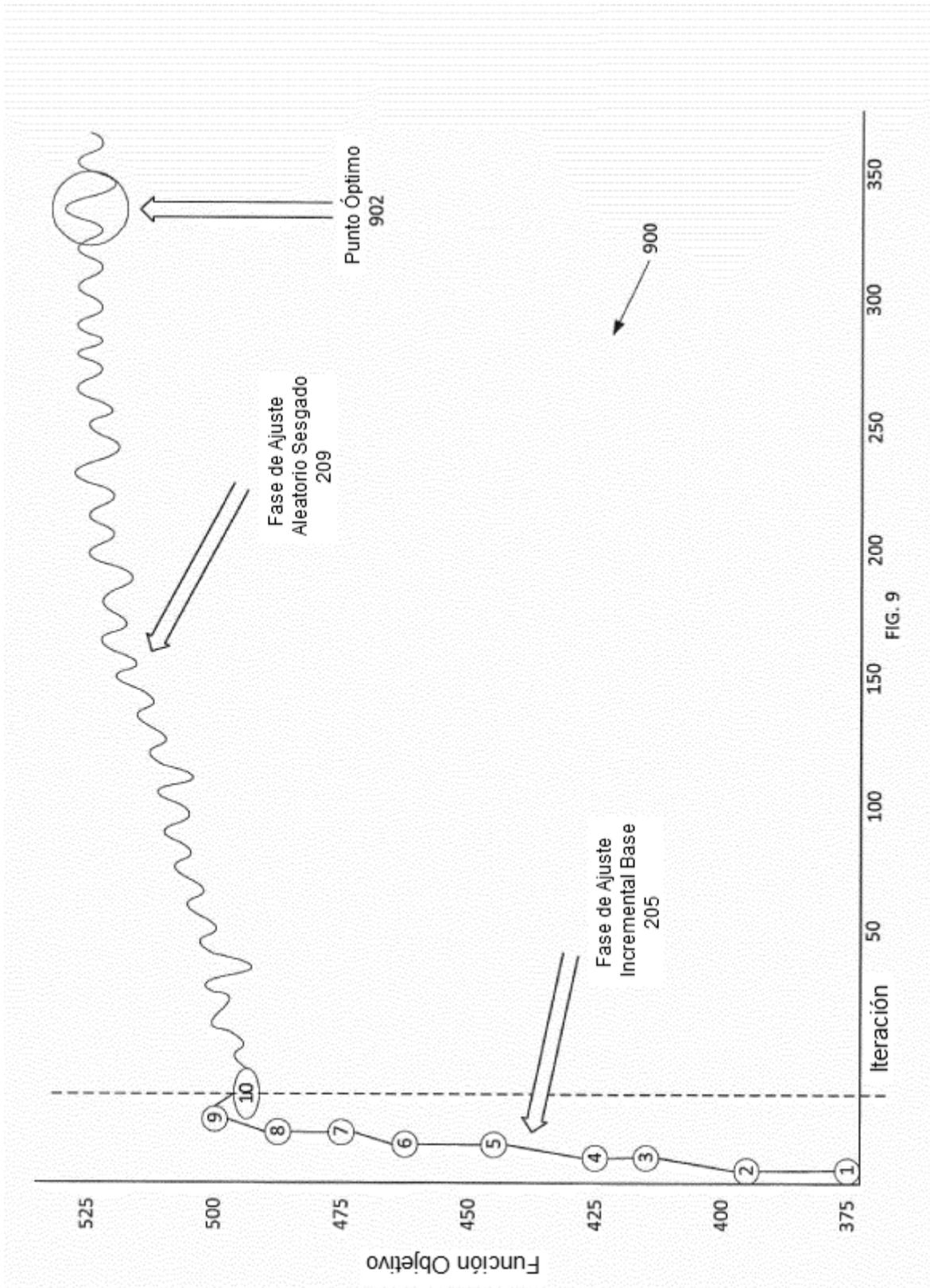


FIG. 9

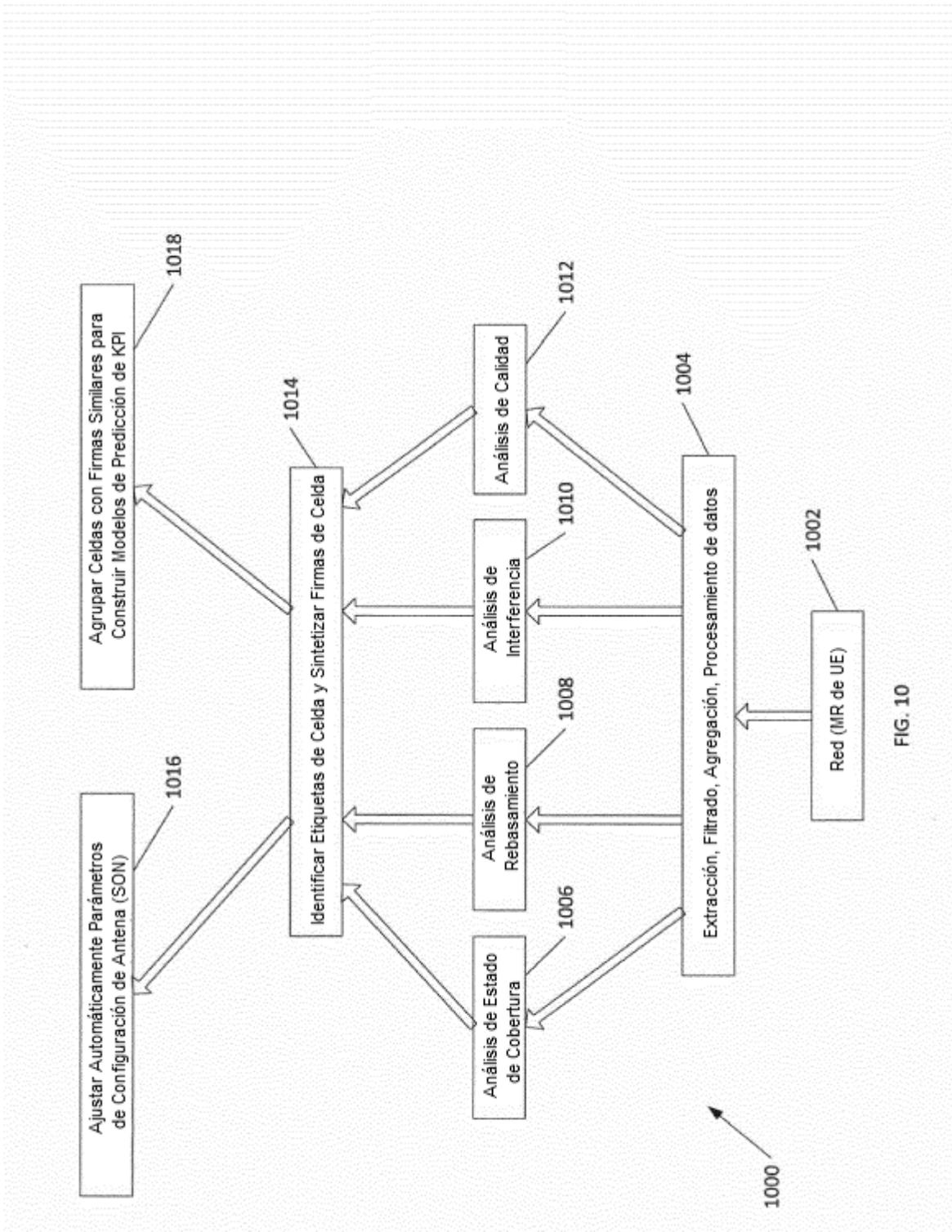


FIG. 10

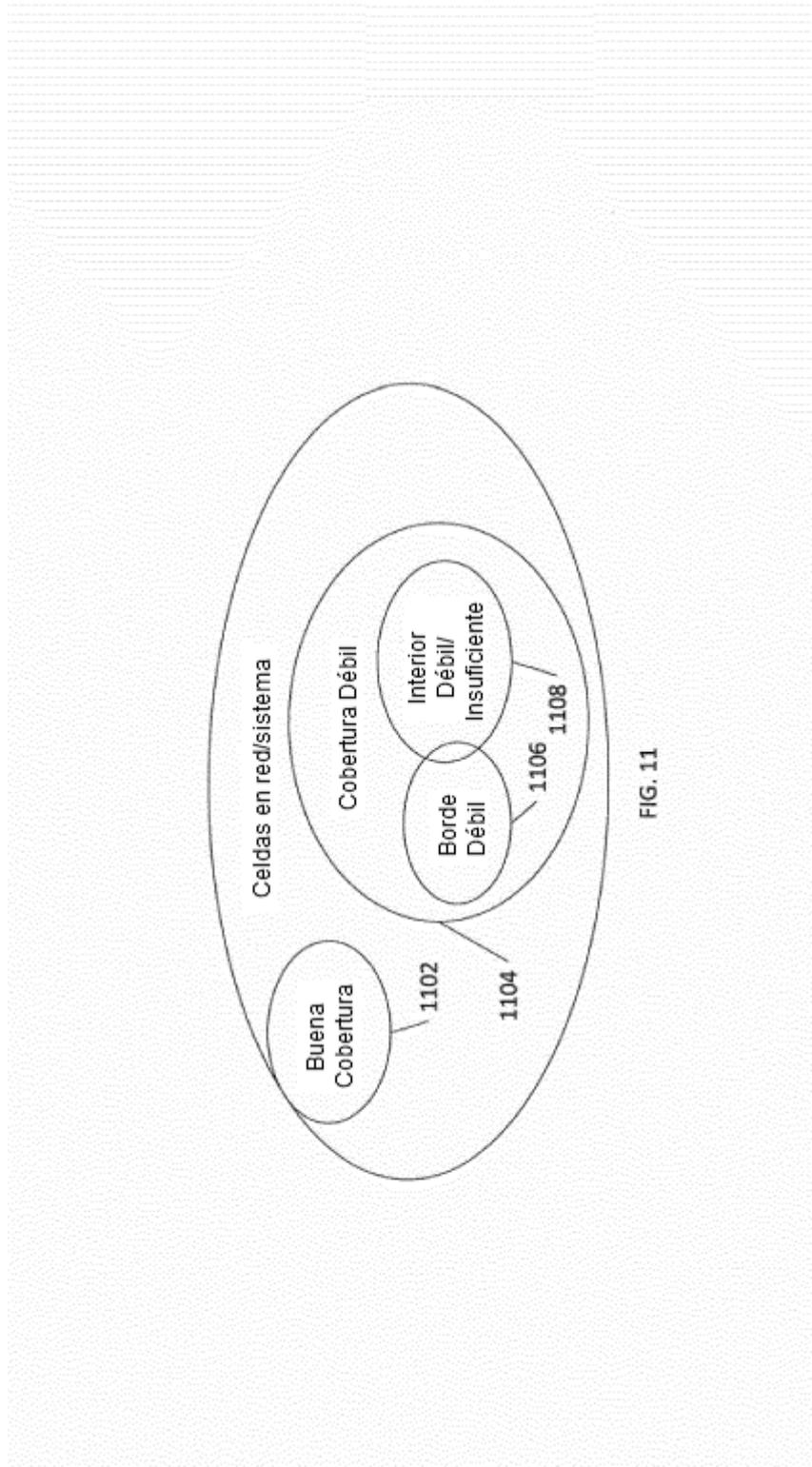
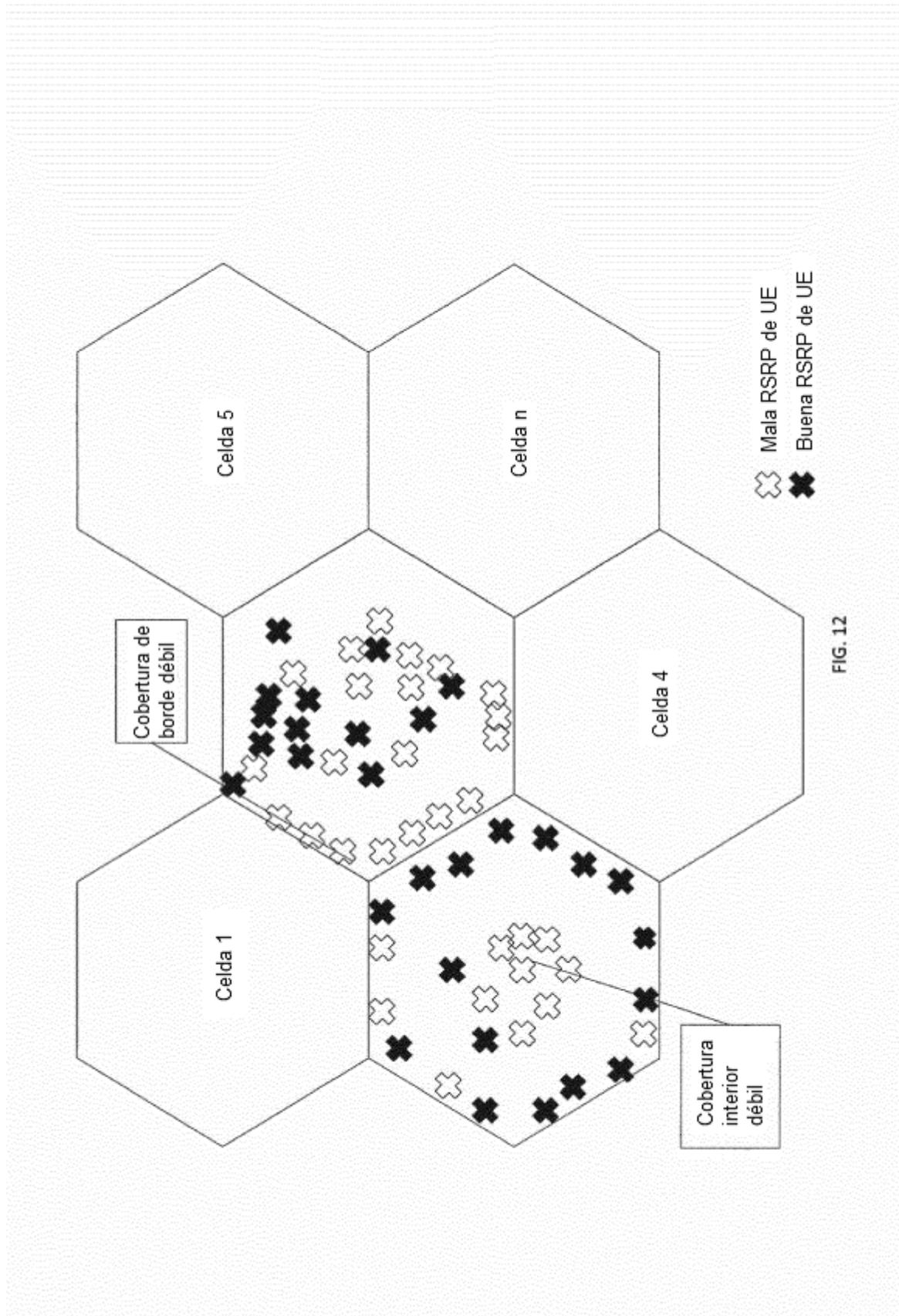


FIG. 11



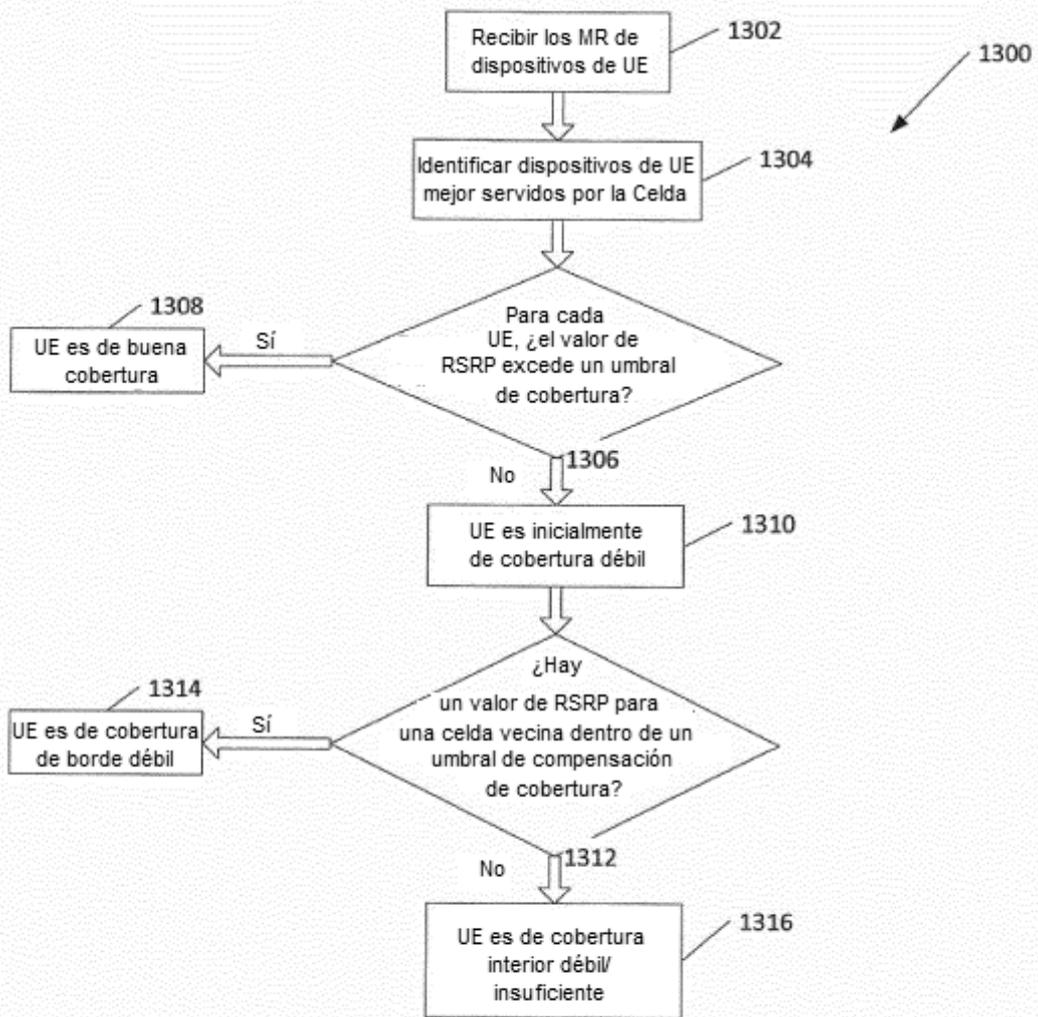


FIG. 13A

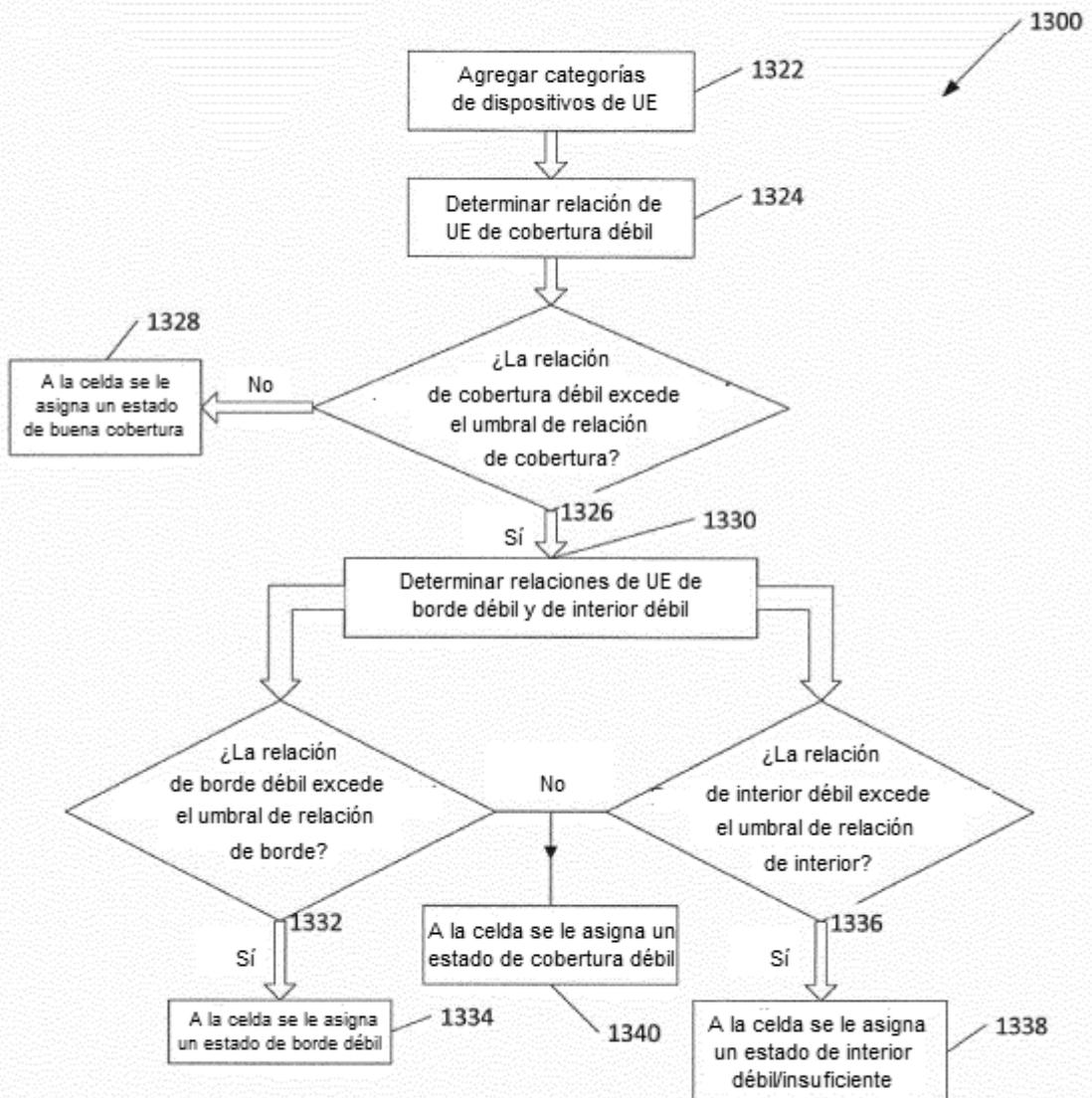


FIG. 13B

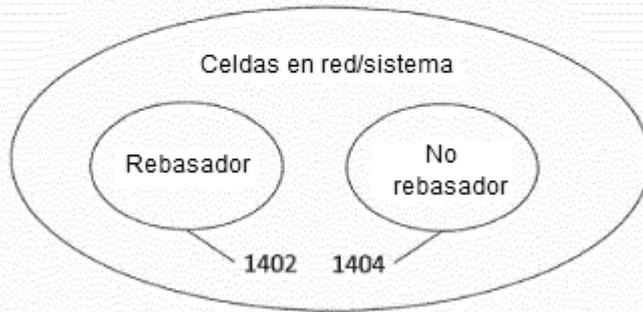


FIG. 14

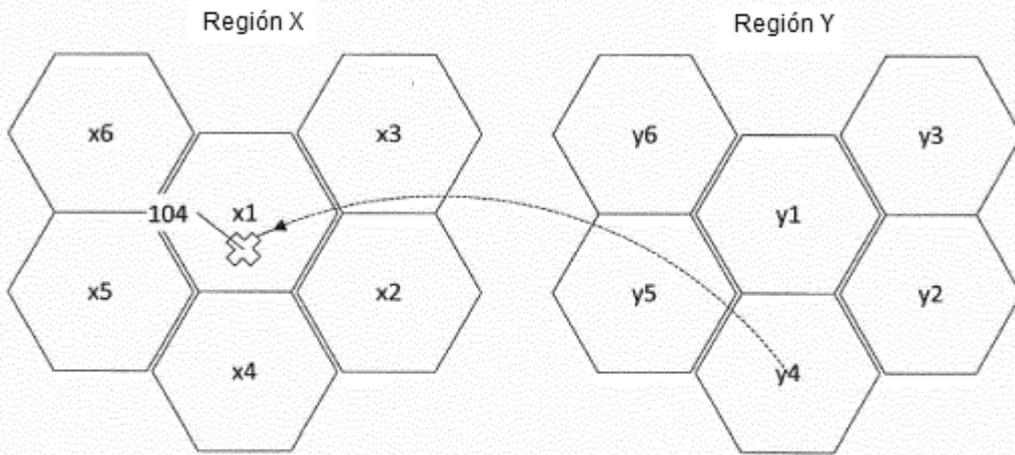


FIG. 15

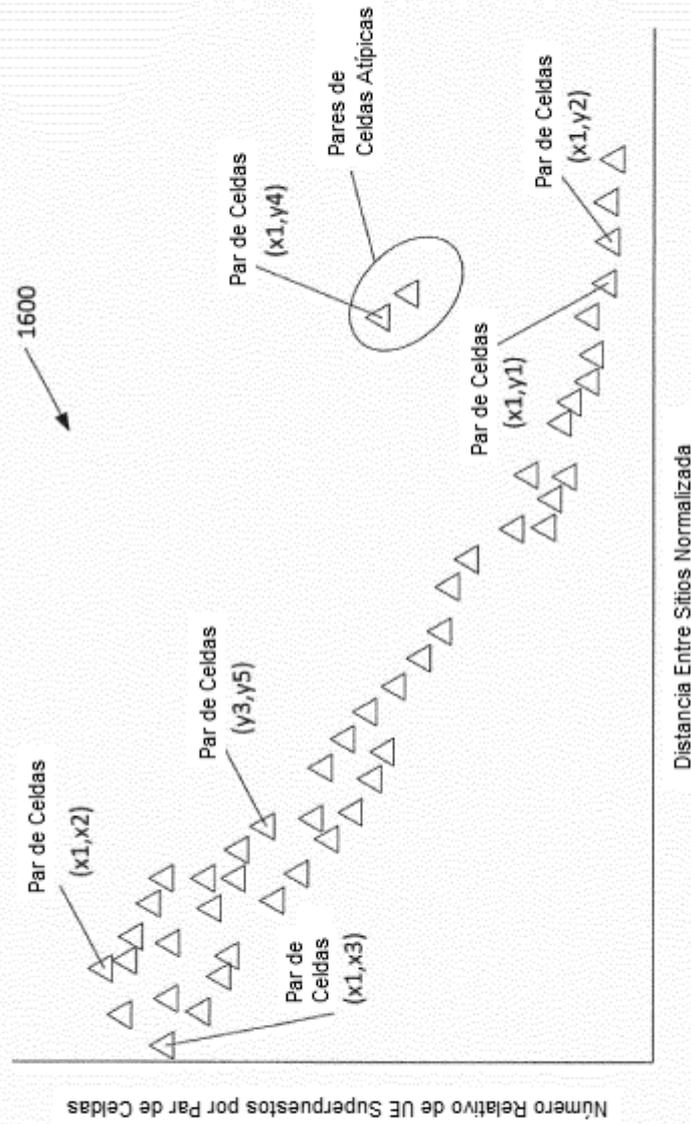


FIG. 16

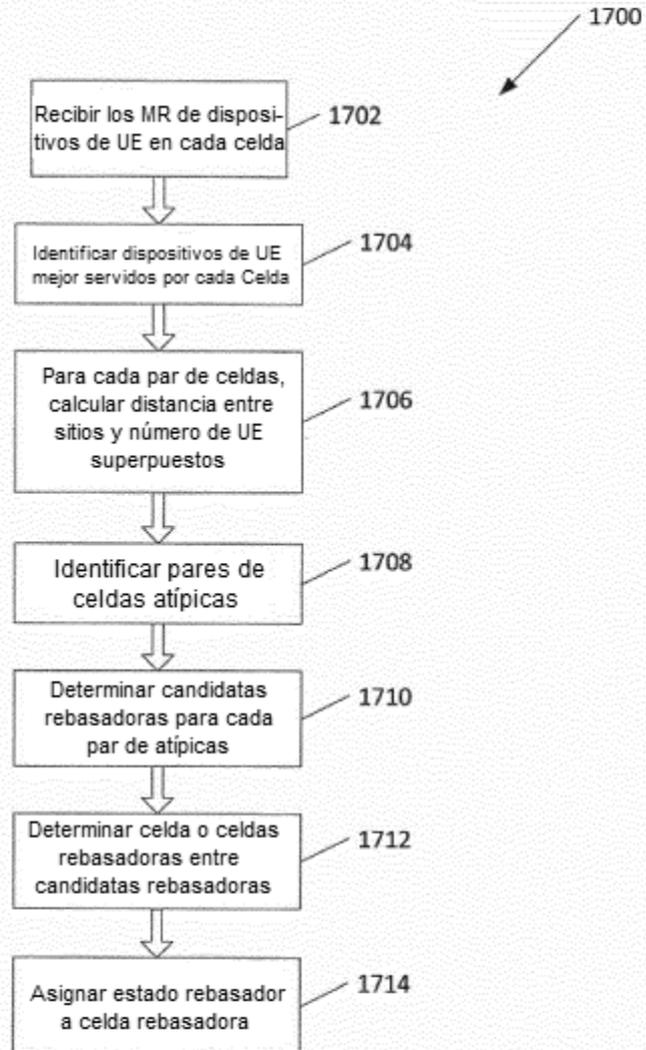


FIG. 17

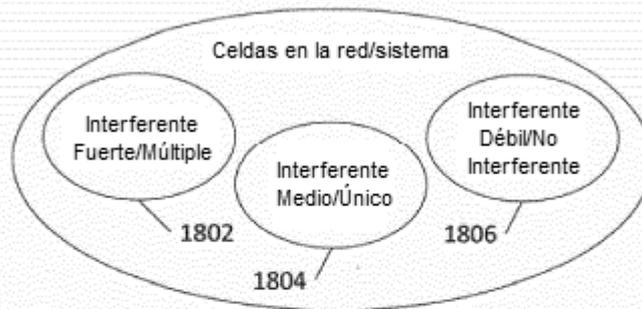


FIG. 18

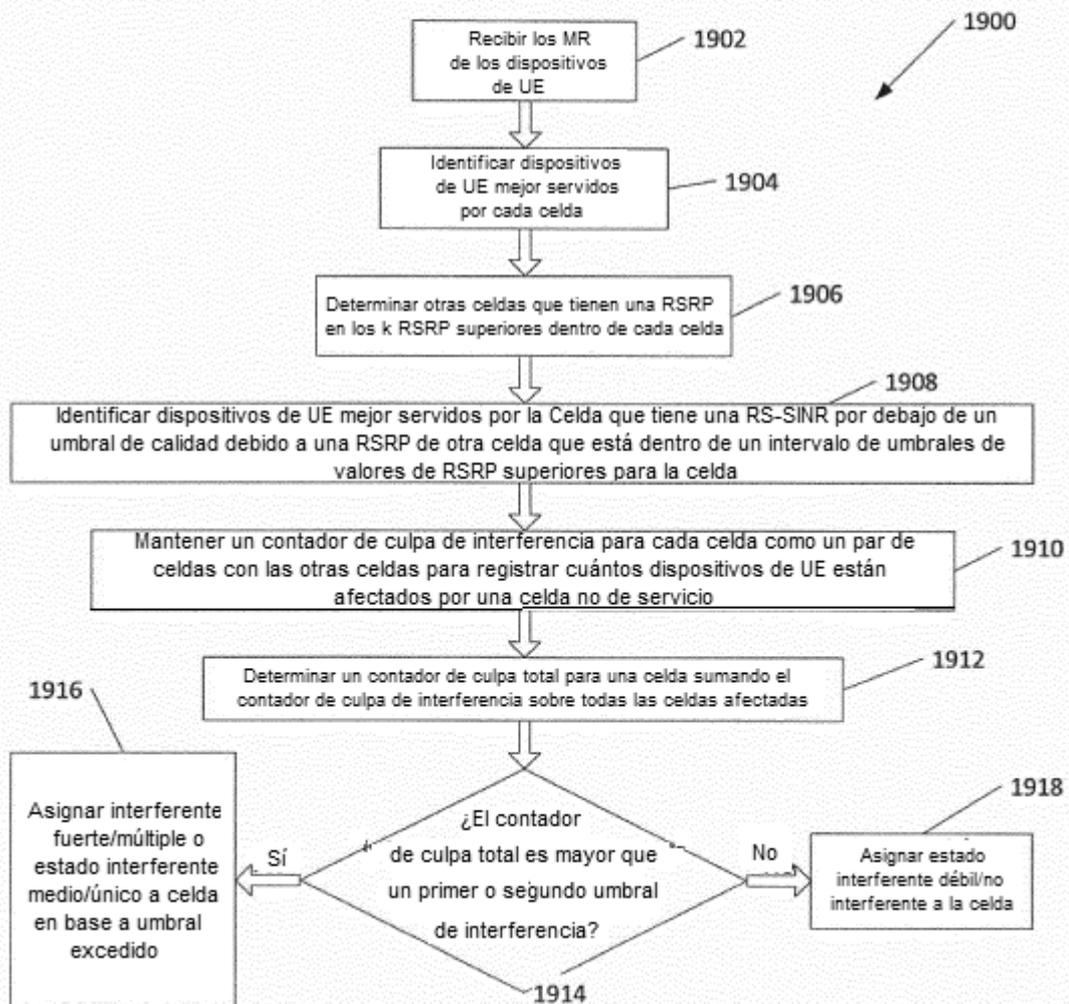


FIG. 19

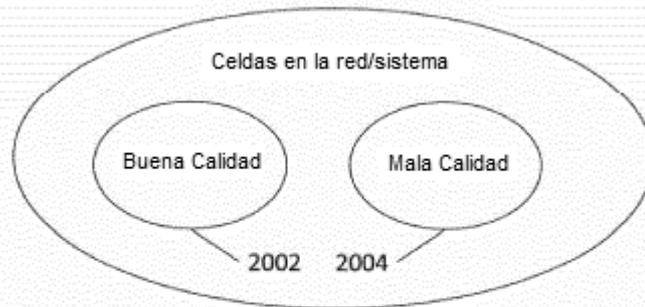


FIG. 20

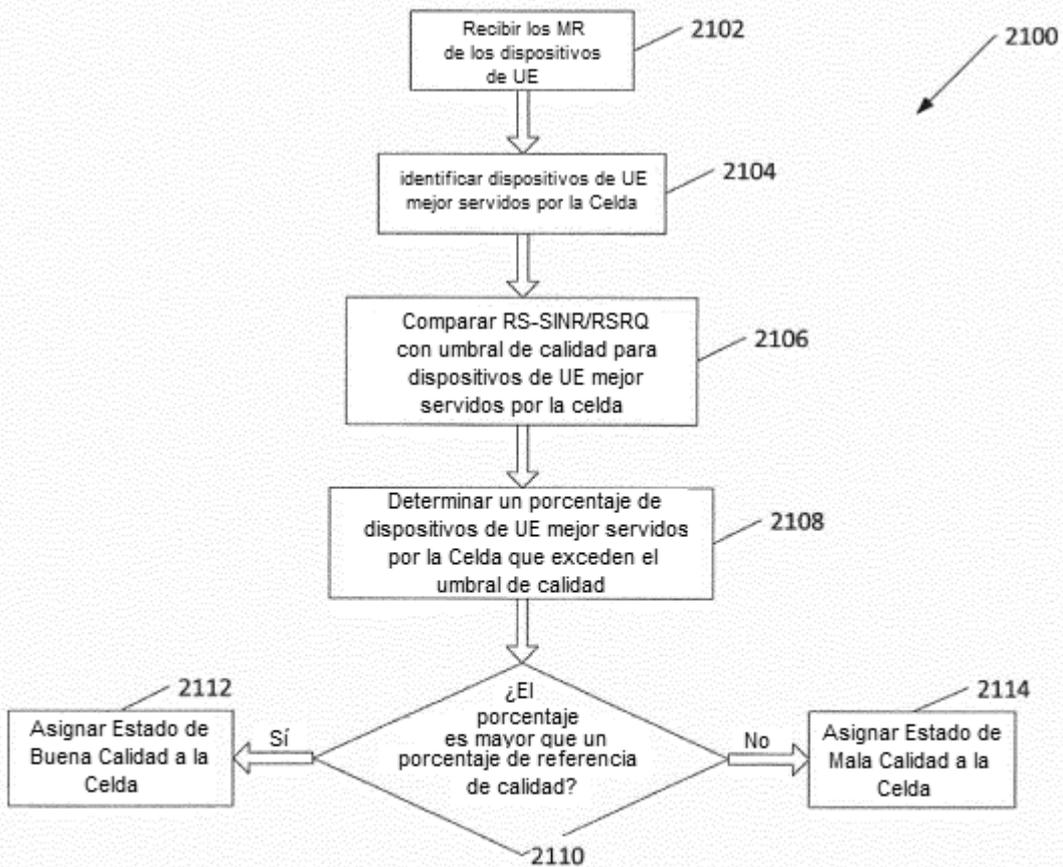


FIG. 21

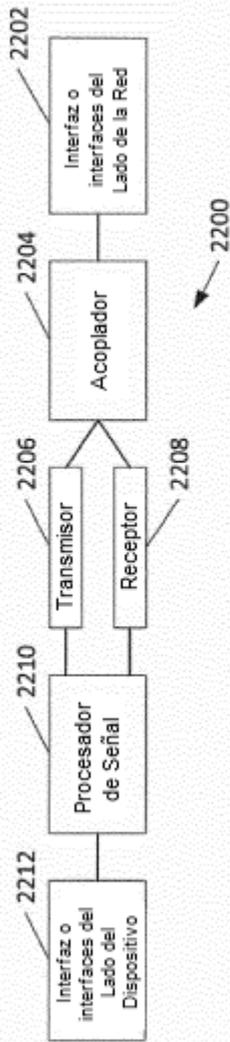


FIG. 22

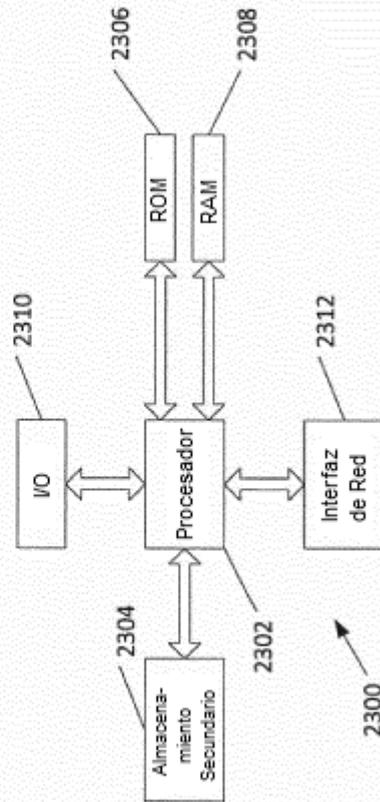


FIG. 23

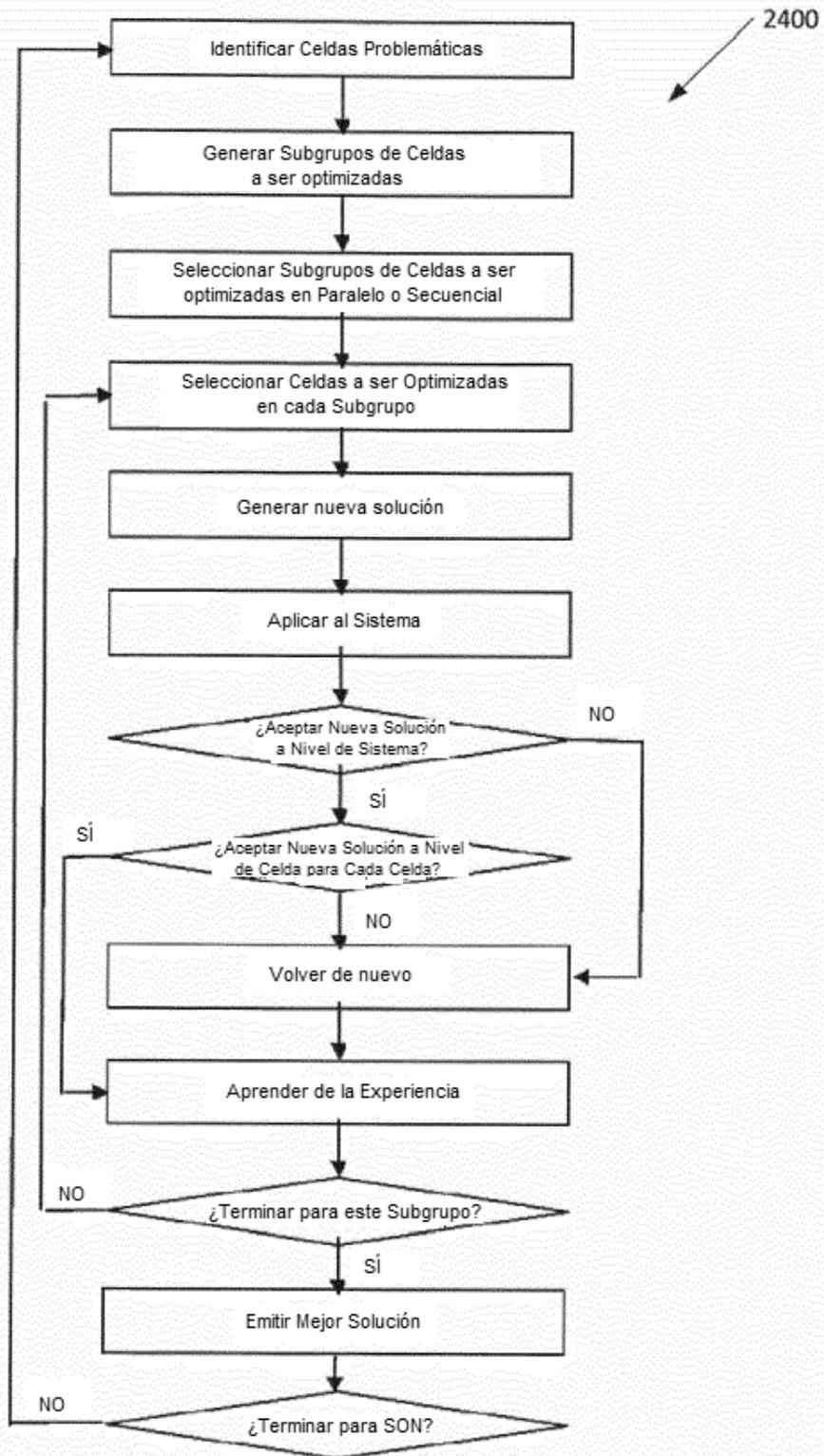


FIG. 24

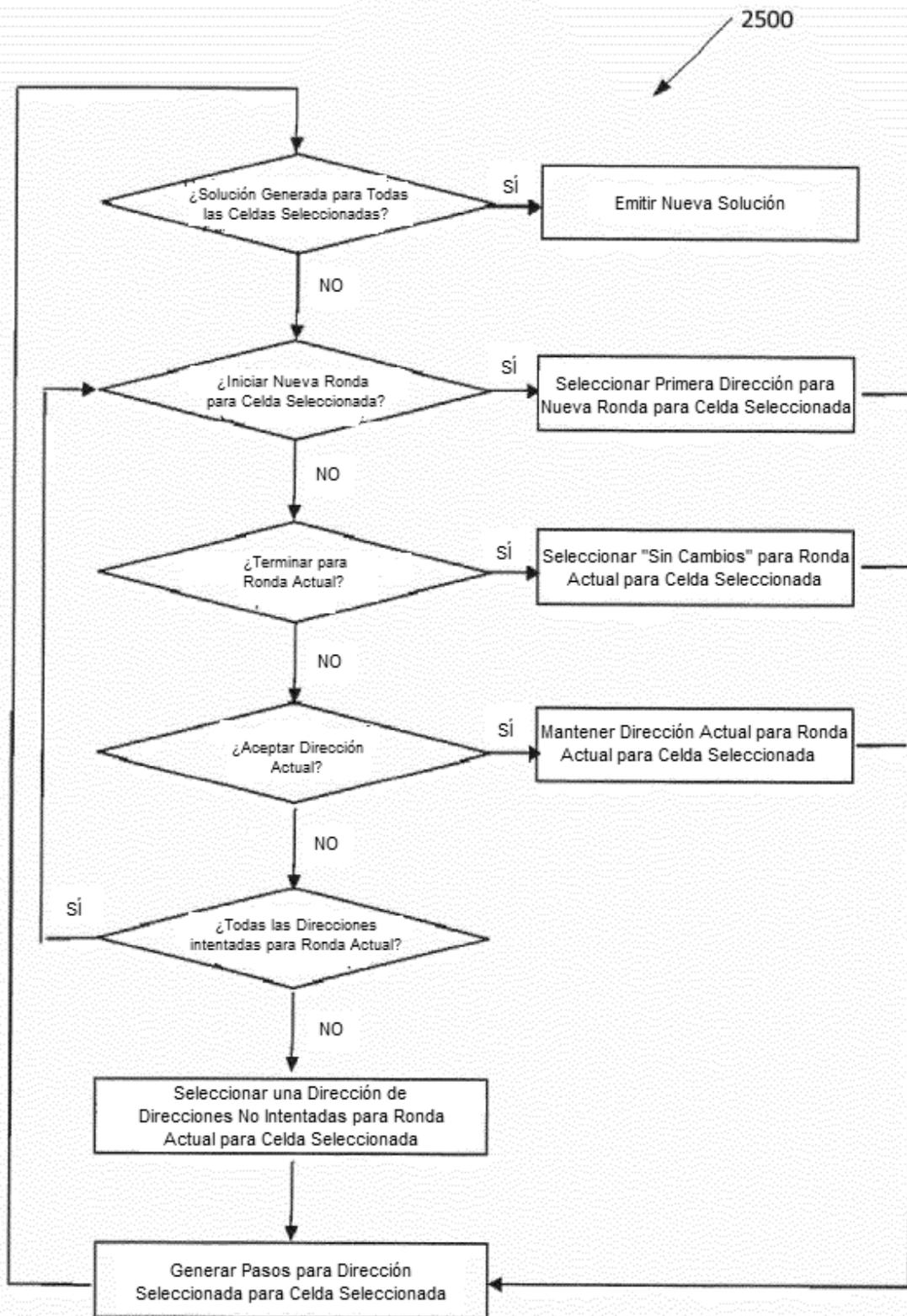


FIG. 25

ES 2 769 245 T3

Iniciar nueva ronda sin esperar que otras celdas terminen su ronda actual (Max. # de Rondas = 3)

Iteración #	Celda 1				Celda 2				Celda 3			
	Ronda #	Nueva Dirección de Inclinación e	Ganancia	¿Aceptar Dirección de Inclinación e?	Ronda #	Nueva Dirección de Inclinación e	Ganancia	¿Aceptar Dirección de Inclinación e?	Ronda #	Nueva Dirección de Inclinación e	Ganancia	¿Aceptar Dirección de Inclinación e?
1	1	Inclinación arriba	Positiva	SÍ	1	Inclinación arriba	Negativa	NO	1	Inclinación arriba	Positiva	SÍ
2	1	Inclinación arriba	Positiva	SÍ	1	Inclinación abajo	Negativa	NO	1	Inclinación arriba	Positiva	SÍ
3	1	Inclinación arriba	Positiva	SÍ	2	Inclinación arriba	Positiva	SÍ	1	Inclinación arriba	Negativa	NO
4	1	Inclinación arriba	Negativa	SÍ	2	Inclinación arriba	Negativa	SÍ	1	Inclinación abajo	Positiva	SÍ
5	1	Inclinación arriba	Positiva	SÍ	2	Inclinación arriba	Negativa	NO	1	Inclinación abajo	Negativa	SÍ
6	1	Inclinación arriba	Positiva	SÍ	3	Inclinación abajo	Positiva	SÍ	1	Inclinación abajo	Negativa	NO
7	1	Inclinación arriba	Negativa	SÍ	3	Inclinación abajo	Negativa	SÍ	2	Inclinación arriba	Positiva	SÍ
8	1	Inclinación arriba	Negativa	NO	3	Inclinación abajo	Positiva	SÍ	2	Inclinación arriba	Negativa	NO
9	1	Inclinación abajo	Positiva	SÍ	3	Inclinación abajo	Negativa	NO	2	Inclinación abajo	Positiva	SÍ
10	1	Inclinación abajo	Positiva	SÍ	3	Sin Cambio			2	Inclinación abajo	Negativa	NO
11	1	Inclinación abajo	Positiva	SÍ	3	Sin Cambio			3	Inclinación arriba	Negativa	NO
12	1	Inclinación abajo	Negativa	NO	3	Sin Cambio			3	Inclinación abajo	Negativa	NO

FIG. 26

Iniciar nueva ronda solamente si todas las demás celdas terminan su ronda actual

Iteración #	Celda 1				Celda 2				Celda 3			
	Ronda #	Nueva Dirección de Inclinación e	Ganancia	¿Aceptar Dirección de Inclinación e?	Ronda #	Nueva Dirección de Inclinación e	Ganancia	¿Aceptar Dirección de Inclinación e?	Ronda #	Nueva Dirección de Inclinación e	Ganancia	¿Aceptar Dirección de Inclinación e?
1	1	Inclinación arriba	Positiva	SÍ	1	Inclinación arriba	Negativa	NO	1	Inclinación arriba	Positiva	SÍ
2	1	Inclinación arriba	Positiva	SÍ	1	Inclinación abajo	Negativa	NO	1	Inclinación arriba	Positiva	SÍ
3	1	Inclinación arriba	Negativa	SÍ	1	Sin Cambio			1	Inclinación arriba	Negativa	SÍ
4	1	Inclinación arriba	Positiva	SÍ	1	Sin Cambio			1	Inclinación arriba	Negativa	NO
5	1	Inclinación arriba	Negativa	SÍ	1	Sin Cambio			1	Inclinación abajo	Positiva	SÍ
6	1	Inclinación arriba	Negativa	NO	1	Sin Cambio			1	Inclinación abajo	Positiva	SÍ
7	1	Inclinación abajo	Positiva	SÍ	1	Sin Cambio			1	Inclinación abajo	Negativa	NO
8	1	Inclinación abajo	Positiva	SÍ	1	Sin Cambio			1	Sin Cambio		
9	1	Inclinación abajo	Negativa	NO	1	Sin Cambio			1	Sin Cambio		
10	2	Inclinación arriba	Positiva	SÍ	2	Inclinación arriba	Negativa	NO	2	Inclinación arriba	Negativa	SÍ
11	2	Inclinación arriba	Positiva	SÍ	2	Inclinación abajo	Negativa	NO	2	Inclinación arriba	Positiva	SÍ
12	2	Inclinación arriba	Positiva	SÍ	2	Sin Cambio			2	Inclinación arriba	Negativa	NO

FIG. 27

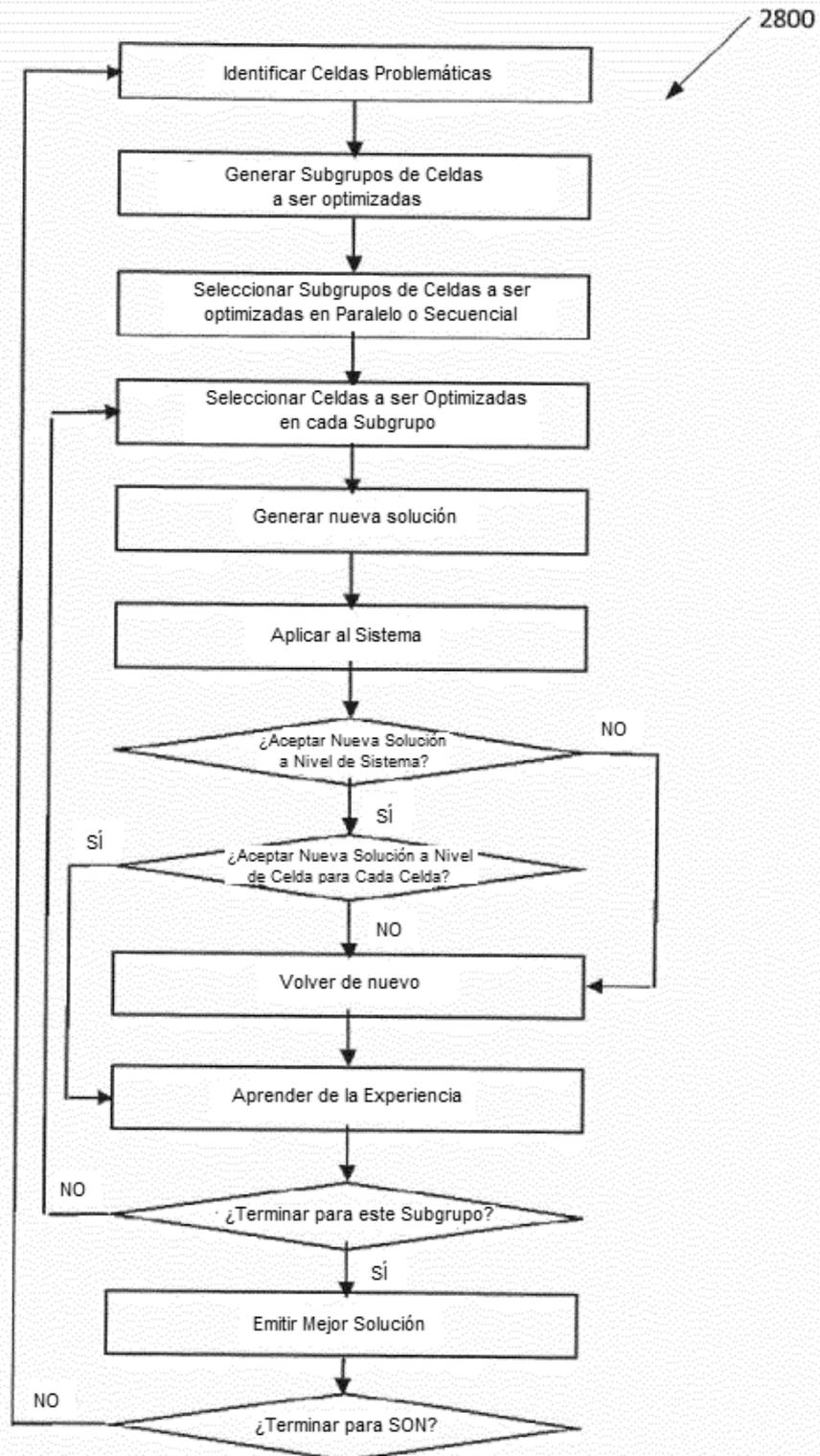


FIG. 28