

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11) Número de publicación: **2 728 733**

51) Int. Cl.:

H04W 16/10 (2009.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **30.10.2013 PCT/CN2013/086255**

87) Fecha y número de publicación internacional: **07.05.2015 WO15061996**

96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.10.2013 E 13896220 (4)**

97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.04.2019 EP 3046355**

54) Título: **Método de asignación de espectro y equipo para asignación de espectro**

45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
28.10.2019

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

72) Inventor/es:
ZHUANG, HONGCHENG

74) Agente/Representante:
LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 728 733 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 de asignación de espectro y equipo para asignación de espectro

Campo técnico

5 La presente solicitud está relacionada con el campo técnico de la comunicación, en particular con un método de asignación de espectro y un equipo de asignación de espectro.

Antecedentes

10 Con una demanda creciente de velocidad de datos por parte de los usuarios, resulta cada vez más obvia una tendencia a la miniaturización en el desarrollo de las estaciones base. Por ello, una red de comunicaciones móviles es cada vez más dinámica, el número de elementos de red que debe mantener un operador crece rápidamente y el coste necesario para el mantenimiento también es cada vez más alto. Además, la alta movilidad de las aplicaciones de usuario da lugar a cambios cada vez más frecuentes de un servicio de red. Se propone una tecnología de red autoorganizada (self-organization network; SON) para conseguir la automatización en las fases de planificación, despliegue y operación y mantenimiento de la red de comunicaciones móviles, con el fin de adaptarse al cambio de la red y lograr el objetivo de ahorro de los gastos de operación (OPEX).

15 En una red celular actual, el espectro se utiliza básicamente a partir de la planificación del espectro en la fase de planificación/despliegue de la red, y se mantiene básicamente invariable en la fase de operación y mantenimiento, por ejemplo, la reutilización del espectro en las redes GSM y UMTS. La reutilización estática del espectro no es apropiada para unas redes crecientemente dinámicas. En una red LTE, como el espectro se puede reutilizar completamente, al utilizar el espectro hay que considerar la interferencia entre las celdas, y la práctica habitual es adoptar una tecnología de reutilización de frecuencia fraccional (FFR) o de reutilización de frecuencia suave (SFR) para asignarle bandas de frecuencia ortogonales a los usuarios de borde de celda. La FFR/SFR se utiliza para ajustar la asignación de las bandas de frecuencia de los bordes de la celda en función de la interferencia, pero no puede reflejar completamente el comportamiento de la red; además, la granularidad de la asignación de una banda de frecuencia SFR es más gruesa, la banda de frecuencia se divide habitualmente en tres partes y seis partes como mucho, y hay pocas opciones disponibles, de modo que el grado de libertad es limitado, y los rápidos cambios de los servicios de red no se pueden adaptar.

20 La solución en la técnica anterior es utilizar una FFR dinámica, esto es, después de la división de banda de frecuencia, las subbandas utilizadas por los usuarios de borde de las celdas vecinas son ortogonales, pero debido al desequilibrio de los servicios de celda, como las celdas que tienen más usuarios de borde requieren más anchos de banda se pueden utilizar las subbandas de celdas vecinas con menores cargas, y las subbandas prestadas son utilizadas generalmente por los usuarios de borde de las celdas vecinas y también pueden ser utilizadas por los usuarios de centro de las celdas vecinas.

25 Sin embargo, en un proceso de implementación de las soluciones técnicas propuestas en los modos de realización de la presente solicitud, el solicitante encuentra que, aunque la técnica anterior puede ajustar hasta cierto punto la asignación de las bandas de frecuencia de los bordes de celda, después de tomar prestadas las subbandas se destruye la ortogonalidad de las subbandas y de ese modo se propaga la interferencia a los usuarios de centro de las celdas.

30 El documento WO 2013/026417 A1 está relacionado con un método para la optimización dinámica del espectro de frecuencias. Concretamente, el párrafo [0028] del documento divulga: "generación de múltiples esquemas de asignación del espectro de frecuencias para las múltiples celdas de acuerdo con la distribución de tráfico del/de los terminal(es) en cada celda, en donde cada esquema de asignación del espectro de frecuencias incluye el/los espectro(s) de frecuencia asignado(s) a cada celda".

35 Por otro lado, el documento US 2006/212588 A1 divulga un método flexible de asignación de frecuencias. Concretamente, el resumen del documento divulga que "en el método de asignación flexible de frecuencias, si se detecta una sobrecarga del espectro de frecuencias para una clase de aplicaciones de prioridad más alta, se produce una situación de emergencia, etc., a la clase de aplicaciones de prioridad más alta se le asigna al menos una parte del espectro de frecuencias de una clase de aplicaciones de prioridad más baja".

Resumen

40 La invención se define mediante las reivindicaciones independientes. Los modos de realización se definen en las reivindicaciones dependientes.

La presente solicitud proporciona un método de asignación de espectro y un equipo de asignación de espectro para resolver el problema técnico de la técnica anterior consistente en que la asignación de espectro en la fase de

operación y mantenimiento básicamente falla de forma invariable en la adaptación automática a los cambios de un indicador de rendimiento de las celdas.

5 Un primer aspecto de la presente solicitud proporciona un método de asignación de espectro, que incluye: determinar un grupo de celdas, en donde el grupo de celdas incluye al menos una primera celda cuyo indicador de rendimiento actual es menor que un umbral predeterminado y una celda vecina de la primera celda;

10 determinar un indicador de rendimiento objetivo de cada solución de asignación de espectro correspondiente al grupo de celdas; determinar una primera solución de asignación de espectro en cada una de las soluciones de asignación de espectro de acuerdo con el indicador de rendimiento objetivo de cada solución de asignación de espectro; y asignarle un espectro a cada una de las celdas del grupo de celdas de acuerdo con la primera solución de asignación de espectro, en donde la determinación del indicador de rendimiento objetivo de cada solución de asignación de espectro comprende específicamente: para una solución de asignación de espectro, determinar la carga estimada de la parte central y la zona de borde de cada una de las celdas en función de la demanda de servicio de la parte central y de la zona de borde de cada una de las celdas y la solución de asignación de espectro; y determinar un indicador de rendimiento objetivo de cada una de las celdas en función de la carga estimada de la parte central y la zona de borde de cada una de las celdas, y utilizar el indicador de rendimiento objetivo de cada una de las celdas como indicador de rendimiento objetivo de la solución de asignación de espectro.

20 Un segundo aspecto de la presente solicitud proporciona un equipo de asignación de espectro, que incluye: un primer módulo de determinación, configurado para determinar un grupo de celdas, en donde el grupo de celdas incluye al menos una primera celda cuyo indicador de rendimiento actual es menor que un umbral predeterminado y una celda vecina de la primera celda; un segundo módulo de determinación, configurado para determinar un indicador de rendimiento objetivo de cada solución de asignación de espectro correspondiente al grupo de celdas; un tercer módulo de determinación, configurado para determinar una primera solución de asignación de espectro en cada una de las soluciones de asignación de espectro de acuerdo con el indicador de rendimiento objetivo de cada solución de asignación de espectro; y un módulo de asignación, configurado para asignarle un espectro a cada una de las celdas del grupo de celdas de acuerdo con la primera solución de asignación de espectro, en donde el segundo módulo de determinación está configurado específicamente para: para una solución de asignación de espectro, determinar la carga estimada de la parte central y la zona de borde de cada una de las celdas en función de la demanda de servicio de la parte central y de la zona de borde de cada una de las celdas y la solución de asignación de espectro; y determinar un indicador de rendimiento objetivo para cada una de las celdas en función de la carga estimada de la parte central y la zona de borde de cada una de las celdas, y utilizar el indicador de rendimiento objetivo de cada una de las celdas como indicador de rendimiento objetivo de la solución de asignación de espectro.

35 Una o más soluciones técnicas proporcionadas en los modos de realización de la presente solicitud tienen al menos los siguientes efectos técnicos o ventajas.

40 En los modos de realización de la presente solicitud se propone el concepto de grupo de celdas, se determina el grupo de celdas, el grupo de celdas incluye al menos una primera celda cuyo indicador de rendimiento actual es menor que el umbral predeterminado y la celda vecina de la primera celda, a continuación, para cada grupo de celdas, se determina el indicador de rendimiento objetivo de cada solución de asignación de espectro correspondiente al grupo de celdas, se determina la primera solución de asignación de espectro en cada una de las soluciones de asignación de espectro de acuerdo con el indicador de rendimiento objetivo determinado de cada solución de asignación de espectro, y se le asigna el espectro a cada una de las celdas del grupo de celdas de acuerdo con la primera solución de asignación de espectro. Así pues, en los modos de realización de la presente solicitud, en primer lugar, como la asignación de espectro se realiza en el grupo de celdas, la asignación de espectro se realiza en la celda cuyo indicador de rendimiento actual es menor que el umbral predeterminado y en la celda vecina de la misma, esto es la celda que tiene el peor indicador de rendimiento actual, el indicador de rendimiento peor indica que la demanda de servicio es mayor y que la carga de la red es mayor, por lo que se requiere una reasignación de espectro; en segundo lugar, como cada grupo de celdas corresponde a una pluralidad de soluciones de asignación de espectro, se determina el indicador de rendimiento objetivo de cada solución de asignación de espectro, se escoge la solución de asignación de espectro en cada una de las soluciones de asignación de espectro de acuerdo con el indicador de rendimiento objetivo determinado de cada solución de asignación de espectro, y a continuación se asigna el espectro, por lo que en los modos de realización de la presente solicitud, la solución de asignación de espectro se puede ajustar dinámicamente en función de la variación del indicador de rendimiento, y también se pueden evitar los problemas debidos al ajuste dinámico del espectro, por ejemplo, los problemas de interferencia debidos a la FFR dinámica mencionados en los antecedentes.

Breve descripción de los dibujos

La Fig. 1 es un diagrama de flujo de un método para controlar un dispositivo electrónico en un primer modo de realización de la presente solicitud;

la Fig. 2 es un diagrama esquemático de un grupo de celdas en un modo de realización de la presente solicitud;

5 las Fig. 3a a 3d son diagramas esquemáticos de un proceso de determinación de una solución de asignación de espectro en un modo de realización de la presente solicitud;

las Fig. 4a a 4c son diagramas esquemáticos de un proceso de determinación de una solución de asignación de espectro en otro modo de realización de la presente solicitud;

la Fig. 5 es un diagrama de flujo de optimización por enjambre de partículas en un modo de realización de la presente solicitud;

10 la Fig. 6 es un diagrama funcional de bloques de un equipo de asignación de espectro en un segundo modo de realización de la presente solicitud;

la Fig. 7 es un gráfico conceptual de un ejemplo de implementación mediante hardware de un equipo de asignación de espectro en un tercer modo de realización de la presente solicitud.

Descripción de los modos de realización

15 Los modos de realización de la presente solicitud proporcionan un método de asignación de espectro y un equipo de asignación de espectro para resolver un problema técnico de la técnica anterior que consiste en que la asignación de espectro en la fase de operación y mantenimiento básicamente falla de forma invariable en la adaptación automática a los cambios de un indicador de rendimiento.

20 Para resolver el problema técnico anterior se utiliza una solución técnica contenida en un modo de realización de la presente solicitud, y la idea general es la siguiente.

En un modo de realización de la presente solicitud, se propone el concepto de grupo de celdas, se determina el grupo de celdas, el grupo de celdas incluye al menos una primera celda cuyo indicador de rendimiento actual es menor que un umbral predeterminado y una celda vecina de la primera celda, a continuación, para cada grupo de celdas, se determina un indicador de rendimiento objetivo de cada solución de asignación de espectro correspondiente al grupo de celdas, se determina una primera solución de asignación de espectro en cada una de las soluciones de asignación de espectro de acuerdo con el indicador de rendimiento objetivo determinado de cada solución de asignación de espectro, y se le asigna un espectro a cada una de las celdas del grupo de celdas de acuerdo con la primera solución de asignación de espectro. Así pues, en los modos de realización de la presente solicitud, en primer lugar, como la asignación de espectro se realiza en el grupo de celdas, la asignación de espectro se realiza en la celda cuyo indicador de rendimiento actual es menor que el umbral predeterminado y en la celda vecina de la misma, esto es la celda que tiene el peor indicador de rendimiento actual, el indicador de rendimiento peor indica que la demanda de servicio es mayor y que la carga de la red es más alta, por lo que se requiere una reasignación de espectro; en segundo lugar, como cada grupo de celdas corresponde a una pluralidad de soluciones de asignación de espectro, se determina el indicador de rendimiento objetivo de cada solución de asignación de espectro, se escoge la solución de asignación de espectro en cada una de las soluciones de asignación de espectro de acuerdo con el indicador de rendimiento objetivo determinado de cada solución de asignación de espectro, y a continuación se asigna el espectro, por lo que en los modos de realización de la presente solicitud, la solución de asignación de espectro se puede ajustar dinámicamente en función de la variación del indicador de rendimiento, y también se pueden evitar los problemas debidos al ajuste dinámico del espectro, por ejemplo, los problemas de interferencia debidos a la FFR dinámica mencionada en los antecedentes.

45 Con el fin de que resulten más claros los propósitos, las soluciones técnicas y las ventajas de los modos de realización de la presente solicitud, a continuación se proporciona una descripción clara y completa de las soluciones técnicas propuestas en los modos de realización de la presente solicitud, en combinación con los dibujos que acompañan a los modos de realización de la presente solicitud. Evidentemente, los modos de realización que se describen más abajo son solo una parte, pero no todos, los modos de realización de la presente solicitud. Cualesquiera otros modos de realización obtenidos sin ningún esfuerzo creativo por aquellos experimentados en la técnica basándose en los modos de realización de la presente solicitud, se considerarán incluidos en el alcance de protección de la presente solicitud.

50 En este documento se describen varios aspectos en combinación con el equipo de asignación de espectro y/o una estación base.

Por ejemplo, el equipo de asignación de espectro puede ser una entidad funcional, puede ser un dispositivo físico independiente y también puede estar integrado en un elemento de red existente como, por ejemplo, una estación base, un controlador de estación base o un sistema de gestión de red.

5 La estación base (por ejemplo, un punto de acceso) puede referirse a un dispositivo que se comunica con un terminal inalámbrico a través de uno o más sectores de una interfaz aérea en una red de acceso. La estación base se puede utilizar para convertir mutuamente una trama aérea recibida y un paquete IP, y hace la función de router (encaminador) entre el terminal inalámbrico y la parte restante de la red de acceso, en donde la parte restante de la red de acceso puede incluir una red con protocolo Internet (IP). La estación base también puede coordinar la gestión de los atributos de la interfaz aérea. Por ejemplo, la estación base puede ser una estación base (BTS, base transceiver station) en CDMA, también puede ser una estación base (NodoB) en WCDMA y también puede ser una estación base evolutiva (NodoB o eNB o e-NodoB, Nodo B evolucionado) en LTE, lo cual no se limita en la presente solicitud.

10 Además, en este documento la expresión "y/o" es simplemente una relación de asociación que describe objetos asociados y expresa que pueden existir tres relaciones. Por ejemplo, A y/o B puede expresar tres condiciones: únicamente existe A, existen A y B simultáneamente, y únicamente existe B. Además, en este documento el carácter "/" expresa generalmente una relación "o" de los objetos asociados que aparecen delante y detrás del mismo.

15 A continuación se ilustrarán en detalle los modos de realización preferidos de la presente solicitud en combinación con los dibujos adjuntos.

Primer modo de realización

Este modo de realización proporciona un método de asignación de espectro. Haciendo referencia a la Fig. 1, ésta es un diagrama de flujo del método de asignación de espectro, y el método incluye lo siguiente.

20 Paso 101: determinar un grupo de celdas, en donde el grupo de celdas incluye al menos una primera celda cuyo indicador de rendimiento actual es menor que un umbral predeterminado y una celda vecina de la primera celda;

Paso 102: determinar un indicador de rendimiento objetivo de cada solución de asignación de espectro correspondiente al grupo de celdas;

Paso 103: determinar una primera solución de asignación de espectro en cada una de las soluciones de asignación de espectro de acuerdo con el indicador de rendimiento objetivo de cada solución de asignación de espectro; y

25 Paso 104: asignarle un espectro a cada una de las celdas del grupo de celdas de acuerdo con la primera solución de asignación de espectro.

En donde, en una implementación específica del paso 101 se pueden proporcionar diferentes formas de implementación que se presentarán respectivamente a continuación en detalle.

30 En un modo de realización, el grupo de celdas se determina mediante los siguientes pasos: determinar la primera celda; formar un grupo de celdas con la primera celda y la celda vecina de la primera celda; y si el grupo de celdas no tiene un grupo de celdas vecinas, determinar como grupo de celdas el grupo de celdas; si el grupo de celdas tiene un grupo de celdas vecinas, determinar como grupo de celdas el grupo de celdas y el grupo de celdas vecinas del grupo de celdas. En este modo de realización, el grupo de celdas tiene un grupo de celdas vecinas, lo que indica que una celda de borde de un grupo de celdas es la misma que, o adyacente a, la celda de borde de otro grupo de celdas. Por ejemplo, como se ilustra en la Fig. 2, asumiendo que la primera celda determinada es la celda I, entonces una celda vecina J, una celda vecina K, que son otra primera capa de celdas vecinas adyacentes a la celda I, y la celda I conforman el grupo de celdas, y en la Fig. 2 se ilustra un grupo de celdas. Ciertamente, en otros modos de realización esto no se limita a la primera capa de celdas vecinas, y se pueden proporcionar dos capas de celdas vecinas.

40 En otro modo de realización, el grupo de celdas se determina mediante los siguientes pasos: determinar la primera celda; y formar el grupo de celdas con la primera celda y la celda vecina de la primera celda. A diferencia del modo de realización anterior, en este modo de realización no se comprueba si el grupo de celdas tiene un grupo de celdas vecinas.

45 En los dos modos de realización indicados más arriba, la primera celda se puede determinar específicamente mediante los siguientes pasos: recibir los indicadores actuales de rendimiento (denominados de aquí en adelante KPI actuales) notificados por las celdas; y determinar la primera celda cuyo KPI actual sea menor que el umbral predeterminado según los KPI actuales notificados.

50 En donde, los KPI actuales pueden ser medidos y/o notificados periódicamente por las celdas, y desde luego, también pueden ser medidos y/o notificados después de haberse satisfecho una condición de activación determinada, por ejemplo, cuando se les envía una orden de activación a las celdas. Los KPI actuales pueden incluir, pero no se limitan a, la carga de las celdas, la tasa de interrupción de llamadas de las celdas, la tasa de bloqueo de las celdas, el throughput (tasa de transferencia efectiva) de las celdas y la tasa de cobertura de las celdas.

A partir de la descripción anterior se puede ver que la agrupación es dinámica, la granularidad de las subbandas en el grupo puede ser arbitraria, y el grado de libertad es mayor, lo que es en consecuencia mejor para el rendimiento en la optimización de la asignación de espectro.

5 A continuación se describirá en detalle cómo determinar cada solución de asignación de espectro correspondiente al grupo de celdas cuando los números de primeras celdas incluidas en el grupo de celdas son diferentes.

10 En una primera forma de implementación, cuando el grupo de celdas incluye una primera celda, asumiendo que el ancho de banda del sistema es W y el ancho de banda del sistema utilizado por cada celda es el mismo, haciendo referencia a la Fig. 3a, en la Fig. 3a α_1 expresa la proporción de la parte de ancho de banda utilizado por un usuario central de la celda del ancho de banda del sistema, $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_i$ expresan las proporciones de partes de ancho de banda utilizados por los usuarios de borde de celda del ancho de banda del sistema, y la Fig. 3a expresa que la suma de la parte de ancho de banda utilizado por el usuario central y las partes de ancho de banda utilizadas por los usuarios de borde de cada una de las celdas es igual al ancho de banda del sistema; y la suma de las partes de ancho de banda utilizadas por los usuarios de borde de las celdas vecinas es igual al ancho de banda del sistema.

15 Haciendo referencia a las Fig. 3b y 3c, cada solución de asignación de espectro correspondiente al grupo de celdas se determina mediante los siguientes pasos.

Paso 201: dividir el ancho de banda del sistema en N partes iguales, en donde N es un entero mayor que 2;

Paso 202: determinar una celda vecina de la primera celda, cuyo indicador de rendimiento actual sea peor;

20 Paso 203: determinar la utilización de i partes de anchos de banda en una zona de borde de la primera celda y utilizar $(N-i)$ partes de anchos de banda en la parte central de la primera celda, en donde i es menor o igual que $N-2$ y es mayor o igual que 1, e i es un entero;

Paso 204: determinar la utilización de j partes de anchos de banda en la zona de borde de la celda vecina que tiene el peor indicador de rendimiento actual y utilizar $(N-j)$ partes de anchos de banda en la parte central de la celda vecina que tiene el peor indicador de rendimiento actual, en donde j es mayor o igual que 1 y menor o igual que $N-i-1$, y j es un entero;

25 Paso 205: determinar la utilización de k partes de anchos de banda en la zona de borde de una celda vecina común a la primera celda y la celda vecina que tiene el peor indicador de rendimiento actual y utilizar $(N-k)$ partes de anchos de banda en la parte central de la celda vecina común a la primera celda y la celda vecina que tiene el peor indicador de rendimiento actual, en donde $k=N-i-j$; y

30 Paso 206: determinar que el espectro utilizado por las otras celdas vecinas de la primera celda excepto la celda vecina que tiene el peor indicador de rendimiento actual y la celda vecina común a la primera celda y la celda vecina que tiene el peor indicador de rendimiento actual es el mismo que el espectro utilizado por la celda vecina que tiene el peor indicador de rendimiento actual o la celda vecina que tiene el peor indicador de rendimiento actual y la celda vecina común a la primera celda y la celda vecina que tiene el peor indicador de rendimiento actual.

35 En una aplicación práctica, las i partes de los anchos de banda del paso 203 son i partes continuas de los anchos de banda en secuencia; las j partes de los anchos de banda del paso 204 son j partes continuas de los anchos de banda a continuación de la parte i -ésima; y las k partes de los anchos de banda del paso 205 son k partes continuas de los anchos de banda a continuación de la parte $(i + j)$ -ésima. Así pues, como los anchos de banda utilizados por las celdas de borde de las celdas vecinas son diferentes, se puede evitar la misma interferencia de frecuencia entre las celdas; desde luego, en otros modos de realización, las i partes de los anchos de banda, las j partes de los anchos de banda y las k partes de los anchos de banda, también pueden ser discontinuas, y también se puede evitar la misma interferencia de frecuencia de otras formas.

40 Como ilustración, a continuación se toma a modo de ejemplo una forma de asignación de ancho de banda continuo, y en este caso, el tamaño del conjunto de soluciones de asignación de espectro es $\frac{(N-2)(N-1)}{2}$.

45 En la presente solicitud se asume que N es igual a 8, esto es, el ancho de banda del sistema se divide en 8 partes iguales, porque el ancho de banda del sistema puede ser continuo y también puede ser discreto, de modo que para las N partes iguales divididas, el ancho de banda de cada una de las partes iguales puede ser continuo y también puede ser discreto, pero el ancho de banda efectivo de cada una de las partes iguales es el mismo, por ejemplo, la primera parte igual de ancho de banda es un ancho de banda continuo y es de 724-750 MHz, el ancho de banda efectivo es de 26 MHz, la segunda parte igual de ancho de banda es discreta y es, respectivamente, 751-760 MHz, 770-786 MHz, y el ancho de banda efectivo es también de 26 MHz.

50 Además, se puede calcular el tamaño del conjunto de soluciones de asignación de espectro como 21 mediante la fórmula $\frac{(N-2)(N-1)}{2}$, es decir, hay 21 soluciones de asignación de espectro disponibles en total. A continuación se

ejecuta el paso S202, esto es, se determina la celda vecina (designada de aquí en adelante como celda J) que tiene el peor indicador de rendimiento actual entre las celdas vecinas de la primera celda (designada como primera celda I); y además, la celda vecina común a la primera celda I y la celda J se designa como celda K, tal como se ilustra en la Fig. 3c.

5 A continuación se determina el ancho de banda de asignación para cada celda, esto es, se ejecuta el paso 203 para determinar que la primera celda I seleccione i partes continuas de los anchos de banda para utilizarlos en la zona de borde de la primera celda I y utilizar $(N-i)$ partes de anchos de banda en la parte central de la primera celda I en secuencia, en donde i va de $N-2$ a 1 en secuencia, y la unidad de cada cambio es 1; en este modo de realización, aún se toma a modo de ejemplo a efectos de ilustración un valor de N igual a 8, inicialmente i es igual a 6, a
10 continuación la primera celda I puede seleccionar 6 partes iguales continuas de los anchos de banda, por ejemplo, de la primera a la sexta partes se utilizan en la zona de borde de la primera celda I, y dos partes de los anchos de banda, esto es, la séptima y la octava partes de los anchos de banda se utilizan en la parte central de la primera celda I. Después, i es igual a 5, en este caso la primera celda I puede seleccionar 5 partes iguales continuas de los anchos de banda, por ejemplo, de la primera a la quinta partes se utilizan en la zona de borde de la primera celda I,
15 y tres partes de los anchos de banda, esto es, de la sexta a la octava partes de los anchos de banda se utilizan en la parte central de la primera celda I, y así sucesivamente, hasta que i llegue a ser igual a 1 en un bucle.

Se ejecuta el paso 204 para la celda J, esto es, se determina que la celda J seleccione j partes continuas de los anchos de banda a continuación de la parte i -ésima para ser utilizadas en la zona de borde de la celda J y utilizar $(N-j)$ partes de anchos de banda en la parte central de la celda J, en donde j va desde 1 hasta $N-i-1$ en secuencia, y la
20 unidad de cada cambio es 1; tomando aún a modo de ejemplo el ejemplo anterior a efectos de ilustración, inicialmente, cuando i es igual a 6, j puede ser igual a 1, y en ese caso la celda J puede seleccionar 1 parte continua de los anchos de banda a continuación de la sexta parte para ser utilizada en la zona de borde de la celda J, esto es, utilizar la séptima parte de los anchos de banda en la zona de borde y utilizar las 7 partes restantes de los anchos de banda en la parte central de la celda J. En segundo lugar, cuando i es igual a 5, j puede ser igual a 1 y 2,
25 y cuando j es igual a 1, la celda J puede elegir 1 parte continua de los anchos de banda siguientes a la quinta parte para ser utilizada en la zona de borde de la celda J, esto es, utilizar la sexta parte de los anchos de banda en la zona de borde y utilizar las 7 partes restantes de los anchos de banda en la parte central de la celda J; y cuando j es igual a 2, la celda J puede elegir 2 partes continuas de los anchos de banda siguientes a la quinta parte para ser utilizadas en la zona de borde de la celda J, esto es, utilizar la sexta y la séptima partes de los anchos de banda en la zona de
30 borde, y utilizar las 6 partes restantes de los anchos de banda en la parte central de la celda J.

Se ejecuta el paso 205 para la celda K, esto es, se determina que la celda K seleccione k partes continuas de los anchos de banda siguientes a la parte $(i+j)$ -ésima para ser utilizadas en la zona de borde de la celda K y utilizar $(N-k)$ partes de anchos de banda en la parte central de la celda K, en donde $k=N-i-j$. Tomando aún a modo de ejemplo el
35 ejemplo anterior a efectos de ilustración, inicialmente, cuando i es igual a 6, j puede ser igual a 1, entonces k puede ser igual a 1, y en ese caso la celda K escoge 1 parte continua de los anchos de banda siguientes a la séptima parte para ser utilizada en la zona de borde de la celda K, esto es, utiliza la octava parte de los anchos de banda en la zona de borde de la celda K y utiliza las 7 partes restantes de los anchos de banda en la parte central de la celda K. En segundo lugar, cuando i es igual a 5, j puede ser igual a 1 y 2, y cuando j es igual a 1, k puede ser igual a 2, en cuyo caso la celda K escoge 2 partes continuas de los anchos de banda siguientes a la sexta parte para ser
40 utilizadas en la zona de borde de la celda K, esto es, utiliza la séptima y octava partes de los anchos de banda en la zona de borde de la celda K, y utiliza las 6 partes restantes de los anchos de banda en la zona de borde de la celda K. Cuando j es igual a 2, k es igual a 1, en cuyo caso la celda K escoge 1 parte continua de los anchos de banda siguientes a la séptima parte para ser utilizada en la zona de borde de la celda K, esto es, utiliza la octava parte de los anchos de banda en la zona de borde de la celda K y utiliza las 7 partes restantes de los anchos de banda en la
45 parte central de la celda K

Los espectros utilizados por las otras celdas vecinas de la primera celda I, excepto la celda J y la celda K, son los mismos que los espectros utilizados por la celda J o la celda K, esto es, las soluciones de asignación son las mismas que las de la celda J o la celda K. Concretamente, por ejemplo, los espectros utilizados por las otras celdas vecinas
50 adyacentes a la celda J son los mismos que el espectro utilizado por la celda K, y los espectros utilizados por las celdas vecinas adyacentes a la celda K son los mismos que el espectro utilizado por la celda J.

De acuerdo con el proceso descrito más arriba, después de completarse dos ciclos de iteración de i y j , se puede obtener una tabla de soluciones de asignación de espectro como la que se ilustra en la Fig. 3d, hay 21 soluciones de asignación disponibles en total, en donde la Fig. 3d muestra el estado de asignación de ancho de banda de la zona de borde de cada una de las celdas, consúltese junto con la Fig. 3c, tal como se ilustra en la solución de asignación
55 de espectro F2 (5, 1, 2), la celda I utiliza de la primera a la quinta partes de los anchos de banda en la zona de borde (la zona rayada en la Fig. 3c), la celda J utiliza la sexta parte de los anchos de banda en la zona de borde, la celda K utiliza de la séptima a la octava partes de los anchos de banda en la zona de borde y las otras celdas vecinas de la celda utilizan la sexta parte de los anchos de banda o de la séptima a la octava partes de los anchos de banda en las zonas de borde.

En el modo de realización descrito más arriba, el valor de N se puede determinar en función de las condiciones reales, cuanto mayor es N, menor es la granularidad de la asignación de espectro y mayor es el grado de libertad. Ciertamente, en circunstancias normales, el ancho de banda mínimo de cada subbanda es el ancho de banda de una subportadora, de modo que el valor máximo de N es el número de subportadoras de cada una de las celdas.

5 En una segunda forma de implementación, cuando el grupo de celdas incluye al menos dos primeras celdas, esto es, la demanda de servicio es mayor, en este instante, la interferencia entre las celdas es mayor, la carga de la red es mayor, aumentan las celdas que requieren una reasignación de espectro, en este instante es necesaria una asignación de espectro de grano grueso, y como puede verse en la Fig. 4a, cada solución de asignación de espectro correspondiente al grupo de celdas se determina mediante los siguientes pasos.

10 Paso 301: dividir el ancho de banda del sistema en $3M$ partes iguales, en donde M es un entero positivo;

Paso 302: determinar un conjunto de asignación de espectro a las celdas; y

Paso 303: determinar la utilización de un elemento del conjunto de asignación de espectro a las celdas en la zona de borde para cada una de las celdas del grupo de celdas, y utilizar la parte restante del ancho de banda del sistema en la parte central.

15 En donde, en el paso 301 también se asume que el ancho de banda del sistema es W y el ancho de banda del sistema utilizado por cada una de las celdas es el mismo, y entonces el ancho de banda del sistema se divide en $3M$ partes iguales, en donde se puede utilizar el coeficiente 3 para garantizar en la medida de lo posible la ortogonalidad de las subbandas utilizadas por las celdas vecinas, aunque en la presente solicitud también se pueden utilizar otros valores del coeficiente a condición de que, en la medida de lo posible, se garantice la ortogonalidad de las subbandas utilizadas por las celdas vecinas, en cuyo caso se puede evitar la interferencia entre las áreas de borde.

20 A continuación se ejecuta el paso 302, esto es, se determina el conjunto de asignación de espectro a las celdas. En un modo de realización, el tamaño del conjunto de asignación de espectro a las celdas se determina mediante la fórmula $3 \sum_{n=0}^{M-1} (M-n)$, tomando a modo de ejemplo un valor de M igual a 2, el ancho de banda del sistema se divide

25 en 6 partes iguales, y entonces el conjunto de asignación de espectro a las celdas tiene 9 elementos (Fig. 4b), y si M es igual a 3, el ancho de banda del sistema se divide en 9 partes iguales, y entonces el conjunto de asignación de espectro a las celdas tiene 18 elementos. Ciertamente, en una aplicación práctica, también se puede determinar el conjunto de asignación de espectro a las celdas mediante otros métodos, el valor de M también se puede determinar en función de la demanda real, el valor de M es esencialmente el tamaño del grupo de celdas, esto es, el número de celdas en el grupo de celdas, cuando el número de celdas es mayor el valor de M no debe ser demasiado grande y, en circunstancias normales, lo apropiado es que el valor de M sea 4.

30 Cuando $M=3$, el conjunto de asignación de espectro a las celdas es lo que se ilustra en la Fig. 4c.

35 A continuación se ejecuta el paso 303, esto es, se determina la utilización de un elemento del conjunto de asignación de espectro a las celdas en la zona de borde de cada una de las celdas del grupo de celdas, y utilizar la parte restante del ancho de banda del sistema en la parte central, por ejemplo, haciendo referencia a la Fig. 4b, la solución de asignación de espectro F2 indica que una celda 1 escoge utilizar la segunda parte de los anchos de banda como espectro de la zona de borde y utilizar las otras 5 partes de anchos de banda en la parte central; y F6 (3, 4) indica que la celda 1 escoge utilizar la tercera parte y la cuarta parte de los anchos de banda como espectro de la zona de borde y utilizar las otras 4 partes de anchos de banda en la parte central. Una solución de asignación semejante también es aplicable para una celda 2 y una celda 3.

40 Más arriba se han presentado el grupo de celdas y cada solución de asignación de espectro correspondiente al grupo de celdas, y más abajo se presentará concretamente el proceso concreto de implementación del método de asignación de espectro de la Fig. 1.

45 El paso 102 incluye específicamente: determinar el indicador de rendimiento objetivo de cada solución de asignación de espectro correspondiente al grupo de celdas de acuerdo con la demanda de servicio de cada una de las celdas del grupo de celdas; en donde la demanda de servicio es específicamente una demanda de servicio GBR con tasa de bits garantizada y/o una demanda de servicio no GBR con tasa de bits no garantizada. Ciertamente, la demanda de servicios también puede ser una demanda de servicios diferente.

Antes del paso 102, el método del modo de realización incluye además: obtener la demanda de servicio de cada una de las celdas del grupo de celdas, por ejemplo, notificándola periódicamente por parte de una estación base.

50 Para un servicio GBR se determina básicamente la demanda de servicio del mismo, cuando un usuario solicita el servicio GBR, la información de la solicitud incluye la tasa de bits garantizada necesaria, en función de la información de posición del usuario se puede determinar en qué píxel (pixel) se encuentra el usuario, por lo que a partir de la solicitud de servicio del usuario se puede obtener la demanda de servicio GBR de cada píxel en cada una de las

5 celdas y, así, se puede obtener la demanda de servicio GBR de las subáreas (la parte central y la zona de borde) de cada una de las celdas, esto es, $D_{GBR,r}$, donde $r=1,2$ es la parte central y la zona de borde, respectivamente. En donde, en una aplicación práctica, hay disponibles múltiples métodos de división de la parte central y la zona de borde, por ejemplo, un píxel que tenga una relación señal-ruido mayor que un cierto umbral pertenece a la parte central, en caso contrario pertenece a la zona de borde; y como otro ejemplo, el píxel que tiene una intensidad de señal en recepción mayor que un cierto umbral pertenece a la parte central, y en caso contrario pertenece a la zona de borde.

10 Para un servicio no GBR, la demanda de servicio no GBR se puede obtener de múltiples formas, por ejemplo, a partir de la información de un planificador, por ejemplo, el throughput del servicio no GBR planificado, se puede obtener la demanda de servicio no GBR de las subáreas de cada una de las celdas, y en consecuencia se obtiene la demanda total de servicios $D_{s,r} \in \{D_{nGBR,r}, D_{GBR,r}\}$ de las subáreas de cada una de las celdas en combinación con la demanda de servicio GBR, en donde s es el tipo de servicio, por ejemplo, servicio GBR o servicio no GBR.

15 El paso 102 incluye específicamente: para una solución de asignación de espectro, determinar la carga estimada de la parte central y la zona de borde de cada una de las celdas en función de la demanda de servicio de la parte central y de la zona de borde de cada una de las celdas, y la solución de asignación de espectro; y determinar el indicador de rendimiento objetivo de cada una de las celdas en función de la carga estimada de la parte central y la zona de borde de cada una de las celdas, y utilizar el indicador de rendimiento objetivo de cada una de las celdas como indicador de rendimiento objetivo de la solución de asignación de espectro.

20 Específicamente, por ejemplo, asumiendo que en la subárea r de una celda c se introducen tres parámetros $G_{c,r}$, $N_{c,r}$ y $H_{r,r'}$, $G_{c,r}$ es un coeficiente relacionado con la demanda de servicio de la subárea r de la celda c ; $N_{c,r}$ es un coeficiente relacionado con la demanda de servicio y el ruido de la subárea r de la celda c ; $H_{r,r'}$ es un coeficiente relacionado con la demanda de servicio y la interferencia de la subárea r de la celda c ; y r' es una subárea de una celda vecina d de la celda r , entonces,

$$G_{c,r} = \sum_{s \in S} \sum_{p \in r} \frac{T_{s,p} D_{s,p}}{k_r^{sch} \eta^{BW}} \quad (1)$$

$$N_{c,r} = \sum_{s \in S} \sum_{p \in r} \frac{T_{s,p} \eta^{SINR} D_{s,p} P^n}{k_r^{sch} \eta^{BW} P_{c,r} g_{r,p}} \quad (2)$$

$$H_{r,r'} = \sum_{s \in S} \sum_{p \in r} \sum_{r' \in d} \frac{T_{s,p} \eta^{SINR} D_{s,p} P_{d,r'} g_{r',p}}{k_r^{sch} \eta^{BW} P_{c,r} g_{r,p}} \quad (3)$$

30 Donde $D_{s,p}$ es la tasa de datos necesaria para un servicio s del píxel p , $T_{s,p}$ es el número de usuarios activos del servicio s del píxel p , y $T_{s,p} D_{s,p}$ es el volumen de servicio del servicio s del píxel p . $P_{c,r}$ y $P_{d,r'}$ son respectivamente la potencia de transmisión de las subáreas r y r' respectivamente, $g_{r,p}$ y $g_{r',p}$ son respectivamente las ganancias de canal de las estaciones base de las subáreas r y r' respectivamente para el píxel p , por ejemplo, se pueden obtener a partir de la potencia en el envío y la potencia en la recepción, k_r^{sch} , η^{BW} y η^{SINR} son los coeficientes correspondientes a la planificación, el ancho de banda y la relación señal-ruido, respectivamente.

Entonces, la carga estimada del servicio GBR y el servicio no GBR de la subárea r es:

$$\tilde{\rho}_{c,r} = \sum_{W_{c,r}} \left(\frac{G_{c,r}}{W_{unit}} f \left(\frac{N_{c,r}}{G_{c,r}} + \sum_{d \in I_r} \frac{H_{r,r'} \min(\hat{\rho}_{d,r}, 1)}{G_{c,r}} \right) \right) \quad (4)$$

35 donde, $W_{unit}=W/N$ es el ancho de banda de cada subbanda, $W_{c,r}$ es un conjunto de subbandas de la subárea r de la celda c , y la función f es $f(x) = \frac{\log(2)}{\ln(1+1/x)}$.

Además, se puede obtener la carga real del servicio GBR y del servicio no GBR, $\rho_{c,r} = \min(1, \tilde{\rho}_{c,r})$.

En un proceso concreto de implementación, la determinación del indicador de rendimiento objetivo de cada una de las celdas a partir de la carga estimada de cada una de las celdas incluye específicamente:

40 en un primer aspecto, para una celda, si la demanda de servicio de la celda incluye una demanda de servicio GBR, obtener la carga estimada del servicio GBR a partir de la carga estimada de la parte central y la zona de borde de

cada una de las celdas; y obtener el indicador de rendimiento objetivo del servicio GBR a partir de la carga estimada del servicio GBR, y utilizar el indicador de rendimiento objetivo del servicio GBR como indicador de rendimiento objetivo de la celda.

- 5 Inicialmente se obtiene la carga estimada $\tilde{\rho}_{c,r}^{GBR}$ del servicio GBR de la subárea r de la celda c a partir de la carga estimada de la parte central y de la zona de borde de la celda, por ejemplo, se obtiene específicamente mediante la fórmula $\tilde{\rho}_{c,r}^{GBR} = \tau_{c,r} \tilde{\rho}_{c,r}$, en donde $\tau_{c,r} = D_{GBR,r} / (D_{nGBR,r} + D_{GBR,r})$.

A continuación se puede obtener el KPI objetivo del servicio GBR a partir de la carga estimada del servicio GBR de la subárea r de la celda c, por ejemplo, la tasa de interrupción y bloqueo de llamadas es:

$$CDBR_v = \frac{\sum_c \max(MC_{c,r}^{GBR} \cdot (1 - 1/\tilde{\rho}_{c,r}^{GBR}), 0)}{\sum_c MC_{c,r}^{GBR}} \quad (5)$$

- 10 donde $MC_{c,r}^{GBR} = \sum_{p \in r} T_p^{GBR}$ es el número de usuarios del servicio GBR de la subárea r de la celda c.

En un segundo aspecto, si la demanda de servicio de la celda incluye una demanda de servicio no GBR, el indicador de rendimiento objetivo del servicio no GBR se obtiene a partir de la carga estimada del servicio GBR y la carga estimada $\tilde{\rho}_{c,r}$ de la subárea r de la celda c, y el indicador de rendimiento objetivo del servicio no GBR se utilizan como indicador de rendimiento objetivo de la celda.

- 15 En este modo de realización, por ejemplo, el indicador de rendimiento objetivo es el throughput, y el throughput $THP_{c,r}$ se puede calcular mediante la siguiente fórmula:

$$THP_{c,r} = \sum_{w_{c,r}} \frac{(\min(c_{eff} \tilde{\rho}_{c,r}, 1) - \min(c_{eff} \tilde{\rho}_{c,r}^{GBR}, 1)) \cdot W_{unil} \cdot \sum_{p \in c,r} T_p^{nGBR} R_p(\tilde{\rho})}{MC_{c,r}^{nGBR}} \quad (6)$$

en donde, la eficiencia espectral del pixel p es $R_p(\tilde{\rho}) = k_{c,r}^{sch} \eta^{BW} \log_2(1 + \eta^{SINR} \gamma_p(\tilde{\rho}))$ y está determinada por la relación señal a ruido $\gamma_p(\tilde{\rho})$.

- 20 La relación señal-ruido es $\gamma_p(\tilde{\rho}) = \frac{P_{c,r} g_{c,p}}{P^{noise} + \sum_{d \neq c} \sum_{r' \in d} P_{d,r'} g_{d,p} \min(c_{eff} \tilde{\rho}_{d,r'}, 1)}$, la relación señal-ruido está influenciada

por la interferencia de la parte central y la zona de borde de la celda vecina, y la interferencia está determinada por las condiciones de asignación de la banda de frecuencia de la parte central y la zona de borde de la celda, esto es, las condiciones de asignación de la banda de frecuencia en la solución de asignación de espectro.

En donde $MC_{c,r}^{nGBR} = \sum_{p \in r} T_p^{nGBR}$ es el número de usuarios del servicio no GBR de la subárea r de la celda c, y T_p^{nGBR}

- 25 es el número de usuarios del servicio no GBR del píxel p. $c_{eff} = \rho_{c,r}^{avg} / \rho_{c,r}$, $\rho_{c,r}^{avg}$ es la tasa promedio de utilización de ancho de banda de la subárea r de la celda c y se puede obtener a partir de las estadísticas del planificador.

De modo análogo, se puede obtener otro indicador de rendimiento de la red del grupo de celdas, por ejemplo, la carga total, la SINR total, etc.

- 30 La carga total: $\tilde{\rho} = \sum_c \sum_r \tilde{\rho}_{c,r}$

La SINR total: $SINR = \sum_c \sum_r SINR_{c,r}$

- 35 En otro aspecto, si la demanda de servicio de la celda incluye una demanda de servicio GBR y una demanda de servicio no GBR, la carga estimada del servicio GBR se obtiene a partir de la carga estimada de la parte central y de la zona de borde de la celda, y el indicador de rendimiento objetivo del servicio GBR se obtiene a partir de la carga estimada del servicio GBR; y el indicador de rendimiento objetivo del servicio no GBR se obtiene a partir de la carga

estimada del servicio GBR y $\tilde{\rho}_{c,r}$, y el indicador de rendimiento objetivo de la celda se determina a partir de la carga estimada del servicio GBR y el indicador de rendimiento objetivo del servicio no GBR.

5 En este modo de realización, el indicador de rendimiento objetivo del servicio GBR y el indicador de rendimiento objetivo del servicio no GBR son similares a lo que se ha descrito en los dos aspectos anteriores, por lo que no se volverá a repetir, y a continuación se describirá el proceso de implementación de la determinación del indicador de rendimiento objetivo de la celda a partir de la carga estimada del servicio GBR y el indicador de rendimiento objetivo del servicio no GBR.

10 Un indicador de rendimiento objetivo conjunto, designado como KPI conjunto, puede ser la suma ponderada de los KPI relacionados con la carga y/o los KPI relacionados con la SINR, por ejemplo, la suma ponderada del throughput y la CDBR, y se puede obtener mediante la siguiente fórmula:

$$KPI = w_{thp} \sum_c \sum_r THP_{c,r}^{nor} + w_{cdbr} \sum_r (1 - CDBR_r)$$
, en donde w_{thp} y w_{cdbr} son los pesos del throughput y de la tasa de interrupción o bloqueo de llamadas, respectivamente y están determinados por la estrategia de operación; y $THP_{c,r}^{nor}$ es el throughput normalizado.

15 Después de calcular el indicador de rendimiento objetivo en el paso 102, se ejecuta el paso 103, esto es, se determina la primera solución de asignación de espectro en cada una de las soluciones de asignación de espectro de acuerdo con el indicador de rendimiento objetivo de cada solución de asignación de espectro.

En un proceso concreto de implementación, se puede utilizar específicamente la solución de asignación de espectro correspondiente al indicador de rendimiento objetivo óptimo como solución de asignación de espectro elegida.

20 En donde el rendimiento objetivo óptimo puede consistir en que un único KPI sea el óptimo, por ejemplo, la tasa de interrupción y bloqueo de llamadas CDBR es la óptima, el throughput THP también puede ser el óptimo y el KPI conjunto también puede ser el óptimo.

Por otro lado, en relación con la condición de que el grupo de celdas incluya al menos dos primeras celdas, como la escala del grupo es mayor, con el fin de garantizar el rendimiento de la red, en este modo de realización se obtiene la solución óptima de asignación de espectro en dos pasos.

25 Inicialmente, mediante una optimización de objetivos múltiples se obtiene un conjunto de asignación de espectro con múltiples KPI óptimos, esto es, un Conjunto Pareto;

a continuación, en función de la estrategia de operación, se selecciona del conjunto de asignación de espectro la solución de asignación de espectro con el KPI conjunto óptimo.

30 Específicamente, mediante la optimización de objetivos múltiples se puede adoptar una optimización por enjambre de partículas mejorada, tal como se ilustra en la Fig. 5, lo idóneo son múltiples KPI, incluidos, pero no limitados a, la CDBR del servicio GBR, y el THP, la carga promedio, la SINR promedio y similares del servicio no GBR. El conjunto de asignación de espectro con múltiples KPI óptimos se puede determinar mediante optimización por enjambre de partículas, tal como se ilustra en la Fig. 5.

35 A continuación, dependiendo de la estrategia de operación, se escoge del conjunto de asignación de espectro la solución de asignación de espectro con el KPI conjunto óptimo, la red tiene una pluralidad de KPI, los operadores tienen preferencias diferentes, y esto determina la estrategia de operación. Por ejemplo, la CDBR del servicio GBR y el THP del servicio no GBR son más importantes que la carga promedio y la SINR promedio, y la CDBR del servicio GBR es más importante que el THP del servicio no GBR. Por consiguiente, se puede seleccionar la solución de asignación de espectro con el KPI conjunto óptimo del Conjunto Pareto de asignación de espectro en función de los pesos de estos KPI. Por ejemplo, para obtener la solución de asignación de espectro con el KPI conjunto óptimo de CDBR y THP se calcula el KPI conjunto de cada asignación de espectro en el Conjunto Pareto de asignación de espectro:

$KPI_{joint} = w_{cdbr} (1 - CDBR) + w_{thp} THPR$, en donde w_{cdbr} y w_{thp} son los pesos de la CDBR y el THP respectivamente, y THPR es el throughput normalizado.

45 A continuación se escoge como solución de asignación de espectro la solución de asignación de espectro correspondiente al KPI_{joint} mínimo.

Ciertamente, también se puede aplicar el método descrito más arriba a una situación en la que el grupo de celdas incluye una primera celda.

50 En un modo de realización adicional, antes del paso 104, el método de asignación de espectro incluye además: determinar si el indicador de rendimiento objetivo óptimo es mejor que el indicador de rendimiento objetivo

determinado en una asignación de espectro previa. El paso 104 se ejecuta únicamente cuando se satisface esta condición, y de esta forma se puede garantizar que la solución de asignación de espectro implementada aporta beneficios.

5 A continuación se ejecuta el paso 104 para asignar el espectro para cada una de las celdas del grupo de celdas de acuerdo con la primera solución de asignación de espectro.

10 A partir de la descripción que se ha hecho más arriba se puede ver que, en el modo de realización de la presente solicitud, en primer lugar, como la asignación de espectro se lleva a cabo en el grupo de celdas, la asignación de espectro se realiza en la celda cuyo indicador de rendimiento actual es menor que el umbral predeterminado y en la celda vecina de la misma, esto es, en la celda que tiene el peor indicador de rendimiento actual, el indicador de rendimiento peor indica que la demanda de servicio es mayor y que la carga de la red es mayor, por lo que es necesaria una reasignación del espectro; en segundo lugar, como cada grupo de celdas corresponde a una pluralidad de soluciones de asignación de espectro, se determina el indicador de rendimiento objetivo de cada solución de asignación de espectro en combinación con la demanda de servicio de cada una de las celdas, se escoge la solución de asignación de espectro en cada una de las soluciones de asignación de espectro de acuerdo con el indicador de rendimiento objetivo determinado de cada solución de asignación de espectro, y a continuación se asigna el espectro, en consecuencia, en el modo de realización de la presente solicitud la solución de asignación de espectro se puede ajustar de forma dinámica en función del indicador de rendimiento, y también se pueden evitar los problemas causados por el ajuste dinámico del espectro, por ejemplo, el problema de interferencia provocado por la FFR dinámica mencionado en los antecedentes.

20 Segundo modo de realización

25 Un modo de realización de la presente solicitud proporciona además un equipo de asignación de espectro. Haciendo referencia a la Fig. 6, el equipo incluye: un primer módulo 401 de determinación, configurado para determinar un grupo de celdas, en donde el grupo de celdas incluye al menos una primera celda cuyo indicador de rendimiento actual es menor que un umbral predeterminado y una celda vecina de la primera celda; un segundo módulo 402 de determinación, configurado para determinar el indicador de rendimiento objetivo de cada solución de asignación de espectro correspondiente al grupo de celdas; un tercer módulo 403 de determinación, configurado para determinar una primera solución de asignación de espectro en cada una de las soluciones de asignación de espectro de acuerdo con el indicador de rendimiento objetivo de cada solución de asignación de espectro; y un módulo 404 de asignación, configurado para asignar un espectro para cada una de las celdas del grupo de celdas de acuerdo con la primera solución de asignación de espectro.

En un modo de realización, el primer módulo 401 de determinación está configurado específicamente para: determinar la primera celda; y formar un grupo de celdas con la primera celda y la celda vecina de la primera celda.

35 En otro modo de realización, el primer módulo 401 de determinación está configurado específicamente para: determinar la primera celda; formar un grupo de celdas con la primera celda y la celda vecina de la primera celda; y si el grupo de celdas no tiene un grupo de celdas vecinas, determinar como grupo de celdas el grupo de celdas; si el grupo de celdas tiene un grupo de celdas vecinas, determinar como grupo de celdas el grupo de celdas y el grupo de celdas vecinas del grupo de celdas.

40 Cuando el grupo de celdas incluye una primera celda, el equipo incluye además: un primer módulo de división, configurado para dividir el ancho de banda del sistema en N partes iguales, en donde N es un entero mayor que 2; un cuarto módulo de determinación, configurado para determinar una celda vecina de la primera celda, cuyo indicador de rendimiento actual sea peor; y un quinto módulo de determinación, configurado para determinar la utilización de i partes de anchos de banda en la zona de borde de la primera celda y utilizar (N-i) partes de anchos de banda en la parte central de la primera celda, en donde i es menor o igual que N-2 y es mayor o igual que 1; determinar la utilización de j partes de anchos de banda en la zona de borde de la celda vecina que tiene el peor indicador de rendimiento actual y utilizar (N-j) partes de anchos de banda en la parte central de la celda vecina que tiene el peor indicador de rendimiento actual, en donde j es mayor o igual que 1 y es menor o igual que N-i-1; determinar la utilización de k partes de anchos de banda en la zona de borde de una celda vecina común a la primera celda y a la celda vecina que tiene el peor indicador de rendimiento actual y utilizar (N-k) partes de anchos de banda en la parte central de la celda vecina común a la primera celda y la celda vecina que tiene el peor indicador de rendimiento actual, en donde k=N-i-j; y determinar que el espectro utilizado por otra celda vecina de la primera celda, excepto la celda vecina que tiene el peor indicador de rendimiento actual y la celda vecina común a la primera celda y la celda vecina que tiene el peor indicador de rendimiento actual, es el mismo que el espectro utilizado por la celda vecina que tiene el peor indicador de rendimiento actual o la celda vecina común a la primera celda y la celda vecina que tiene el peor indicador de rendimiento actual.

55 Cuando el grupo de celdas incluye al menos dos primeras celdas, el equipo incluye además: un segundo módulo de división, configurado para dividir el ancho de banda del sistema en 3M partes iguales, en donde M es un entero positivo; un sexto módulo de determinación, configurado para determinar un conjunto de asignación de espectro a las celdas; y un séptimo módulo de determinación, configurado para determinar la utilización de un elemento del

conjunto de asignación de espectro a las celdas en la zona de borde de cada una de las celdas del grupo de celdas y el utilizar la parte restante de ancho de banda del sistema en la parte central.

Además, el sexto módulo de determinación está configurado específicamente para determinar el conjunto de

asignación de espectro a las celdas mediante la fórmula $3 \sum_{n=0}^{M-1} (M-n)$.

- 5 En los modos de realización descritos más arriba, el segundo módulo 402 de determinación está configurado específicamente para: determinar el indicador de rendimiento objetivo de cada solución de asignación de espectro correspondiente al grupo de celdas a partir de la demanda de servicio de cada una de las celdas del grupo de celdas; y la demanda de servicio es específicamente una demanda de servicio GBR con tasa de bits garantizada y/o una demanda de servicio no GBR con tasa de bits no garantizada.
- 10 En un modo de realización adicional, el segundo módulo 402 de determinación está configurado específicamente para: para una solución de asignación de espectro, determinar la carga estimada de la parte central y la zona de borde de cada una de las celdas en función de la demanda de servicio de la parte central y de la zona de borde de cada una de las celdas y la solución de asignación de espectro; y determinar el indicador de rendimiento objetivo de cada una de las celdas a partir de la carga estimada de la parte central y de la zona de borde de cada una de las celdas, y utilizar el indicador de rendimiento objetivo de cada una de las celdas como indicador de rendimiento objetivo de la solución de asignación de espectro.
- 15

Por otra parte, el segundo módulo 402 de determinación está configurado específicamente para determinar la carga estimada de la parte central y la zona de borde de cada una de las celdas mediante la siguiente fórmula:

$$\tilde{\rho}_{c,r} = \sum_{W_{c,r}} \left(\frac{G_{c,r}}{W_{unit}} f \left(\frac{N_{c,r}}{G_{c,r}} + \sum_{d \in I_c} \frac{H_{r,r} \min(\hat{\rho}_{d,r}, 1)}{G_{c,r}} \right) \right);$$

- 20 donde, $\tilde{\rho}_{c,r}$ es la carga estimada de la subárea r de la celda c, y r=1,2 representa la parte central y la zona de borde, respectivamente;

$W_{c,r}$ es el conjunto de subanchos de banda de la subárea r de la celda c;

la función f es $f(x) = \frac{\log(2)}{\ln(1+1/x)}$;

- 25 $W_{unit}=W/N$ es el ancho de banda de cada parte de ancho de banda; W es el ancho de banda del sistema, y N es el número de partes iguales obtenidas al dividir el ancho de banda del sistema;

$G_{c,r}$ es un coeficiente relacionado con la demanda de servicio de la subárea r de la celda c;

$N_{c,r}$ es un coeficiente relacionado con la demanda de servicio y el ruido de la subárea r de la celda c; y

$H_{r,r}$ es un coeficiente relacionado con la demanda de servicio y la interferencia de la subárea r de la celda c.

- 30 Adicionalmente, el segundo módulo 402 de determinación está configurado específicamente para: para una celda, si la demanda de servicio de la celda incluye una demanda de servicio GBR, obtener la carga estimada del servicio GBR a partir de la carga estimada de la parte central y de la zona de borde de cada una de las celdas; y obtener el indicador de rendimiento objetivo del servicio GBR a partir de la carga estimada del servicio GBR, y utilizar el indicador de rendimiento objetivo del servicio GBR como indicador de rendimiento objetivo de la celda;

- 35 si la demanda de servicio de la celda incluye una demanda de servicio no GBR, obtener el indicador de rendimiento objetivo del servicio no GBR a partir de la carga estimada del servicio GBR y la $\tilde{\rho}_{c,r}$ y utilizar el indicador de rendimiento objetivo del servicio no GBR como indicador de rendimiento objetivo de la celda; y

- 40 si la demanda de servicio de la celda incluye una demanda de servicio GBR y una demanda de servicio no GBR, obtener la carga estimada del servicio GBR a partir de la carga estimada de la parte central y la zona de borde de la celda, y obtener el indicador de rendimiento objetivo del servicio GBR a partir de la carga estimada del servicio GBR; y obtener el indicador de rendimiento objetivo del servicio no GBR a partir de la carga estimada del servicio GBR y la $\tilde{\rho}_{c,r}$, y determinar el indicador de rendimiento objetivo de la celda a partir de la carga estimada del servicio GBR y el indicador de rendimiento objetivo del servicio no GBR.

- 45 En los modos de realización descritos más arriba, el tercer módulo 403 de determinación está configurado específicamente para escoger como solución de asignación de espectro la solución de asignación de espectro correspondiente al indicador de rendimiento objetivo óptimo.

Por otra parte, el equipo incluye además: un octavo módulo de determinación, configurado para determinar si el indicador de rendimiento objetivo óptimo es mejor que el indicador de rendimiento objetivo determinado en una asignación de espectro previa.

5 Al equipo de asignación de espectro de este modo de realización también se le pueden aplicar diversas variaciones y modos de realización específicos del método de asignación de espectro del modo de realización anterior de la Fig. 1, mediante la descripción detallada del método de asignación de espectro anterior aquellos experimentados en la técnica pueden comprender claramente el método de implementación del equipo de asignación de espectro de este modo de realización, por lo que, por concisión de la descripción, no se describirá en detalle.

Tercer modo de realización

10 Este modo de realización proporciona un equipo de asignación de espectro. Haciendo referencia a la Fig. 7, se trata de un gráfico conceptual de un ejemplo de implementación de hardware del equipo de asignación de espectro, y el equipo de asignación de espectro incluye:

15 un primer procesador 501, configurado para determinar un grupo de celdas, en donde el grupo de celdas incluye al menos una primera celda cuyo indicador de rendimiento actual es menor que un umbral predeterminado y una celda vecina de la primera celda; determinar el indicador de rendimiento objetivo de cada solución de asignación de espectro correspondiente al grupo de celdas; determinar una primera solución de asignación de espectro en cada una de las soluciones de asignación de espectro de acuerdo con el indicador de rendimiento objetivo de cada solución de asignación de espectro; y un asignador 504 de espectro, configurado para asignar un espectro para cada una de las celdas del grupo de celdas de acuerdo con la primera solución de asignación de espectro.

20 En donde, en la Fig. 7, en una arquitectura de bus (representado por un bus 500), el bus 500 puede incluir cualquier número de buses y puentes interconectados, y el bus 500 conecta uno o más procesadores representados por el primer procesador 501 con varios circuitos de una memoria representada por la memoria 502. El bus 500 también puede conectar varios circuitos diferentes, como por ejemplo un dispositivo periférico, un estabilizador de voltaje, un circuito de gestión de energía y similares, conocidos en la técnica, por lo que no se describirán en detalle en la presente solicitud. Una interfaz 505 del bus proporciona una interfaz entre el bus 500 y un receptor 503 y/o un emisor. El receptor 503 y el emisor pueden ser el mismo elemento, concretamente un transceptor, para proporcionar una unidad que se comunica con otros equipos sobre un medio de transmisión. La interfaz 505 del bus proporciona además una interfaz para el asignador 504 de espectro.

30 El primer procesador 501 es responsable de gestionar el bus 500 y el procesamiento general, y la memoria 502 se puede utilizar para almacenar los datos utilizados por el procesador 501 al ejecutar las operaciones.

35 Cuando el equipo de asignación de espectro se encuentra integrado en una estación base o un controlador de estación base o un sistema de gestión de red, el receptor 503 recibe además datos a través de una antena y procesa los datos para recuperar la información que ha sido modulada en las portadoras, la información recuperada por el receptor 503 se le proporciona a un procesador de tramas receptor, el procesador de tramas receptor analiza cada trama, un procesador receptor decodifica la trama y le proporciona una señal de control decodificada satisfactoriamente al primer procesador 501, y si algunas tramas no pueden ser decodificadas satisfactoriamente por el procesador receptor, entonces el primer procesador 501 puede utilizar un protocolo ACK y/o NACK para soportar la solicitud de retransmisión de dichas tramas.

40 El primer procesador 501 puede proporcionar varias funciones, incluyendo temporización, interfaz para periféricos, regulación de voltaje, gestión de energía y otras funciones de control. La memoria 502 se puede utilizar para almacenar datos y el software de la estación base.

En un modo de realización, el primer procesador 501 está configurado específicamente además para: determinar la primera celda; y formar un grupo de celdas con la primera celda y la celda vecina de la primera celda.

45 En otro modo de realización, el primer procesador 501 está configurado específicamente además para: determinar la primera celda; formar un grupo de celdas con la primera celda y la celda vecina de la primera celda; y si el grupo de celdas no tiene un grupo de celdas vecinas, determinar como grupo de celdas el grupo de celdas; si el grupo de celdas tiene un grupo de celdas vecinas, determinar como grupo de celdas el grupo de celdas y el grupo de celdas vecinas del grupo de celdas.

50 Cuando el grupo de celdas incluye una primera celda, el equipo incluye además: un segundo procesador configurado para dividir el ancho de banda del sistema en N partes iguales, en donde N es un entero mayor que 2; determinar una celda vecina de la primera celda, cuyo indicador de rendimiento actual sea peor; determinar la utilización de i partes de anchos de banda en la zona de borde de la primera celda y utilizar (N-i) partes de anchos de banda en la parte central de la primera celda, en donde i es menor o igual que N-2 y es mayor o igual que 1; determinar la utilización de j partes de anchos de banda en la zona de borde de la celda vecina que tiene el peor indicador de rendimiento actual y utilizar (N-j) partes de anchos de banda en la parte central de la celda vecina que

- tiene el peor indicador de rendimiento actual, en donde j es mayor o igual que 1 y es menor o igual que $N-i-1$; determinar la utilización de k partes de anchos de banda en la zona de borde de una celda vecina común a la primera celda y la celda vecina que tiene el peor indicador de rendimiento actual, y utilizar $(N-k)$ partes de anchos de banda en la parte central de la celda vecina común a la primera celda y la celda vecina que tiene el peor indicador de rendimiento actual, en donde $k=N-i-j$; y determinar que el espectro utilizado por otra celda vecina de la primera celda, excepto la celda vecina que tiene el peor indicador de rendimiento actual y la celda vecina común a la primera celda y la celda vecina que tiene el peor indicador de rendimiento actual, es el mismo que el espectro utilizado por la celda vecina que tiene el peor indicador de rendimiento actual o la celda vecina común a la primera celda y la celda vecina que tiene el peor indicador de rendimiento actual.
- 5
- 10 Cuando el grupo de celdas incluye al menos dos primeras celdas, el equipo incluye además: un tercer procesador configurado para dividir el ancho de banda del sistema en $3M$ partes iguales, en donde M es un entero positivo; determinar un conjunto de asignación de espectro a las celdas; y determinar utilizar un elemento del conjunto de asignación de espectro a las celdas en la zona de borde para cada una de las celdas del grupo de celdas y utilizar la parte restante de ancho de banda del sistema en la parte central.
- 15 Además, el tercer procesador está configurado específicamente para determinar el conjunto de asignación de espectro a las celdas mediante la fórmula $3 \sum_{n=0}^{M-1} (M-n)$.

En los modos de realización descritos más arriba, el primer procesador 501 está configurado específicamente para: determinar el indicador de rendimiento objetivo de cada solución de asignación de espectro correspondiente al grupo de celdas de acuerdo con la demanda de servicio de cada una de las celdas del grupo de celdas; y la demanda de servicio es específicamente una demanda de servicio GBR con tasa de bits garantizada y/o una demanda de servicio no GBR con tasa de bits no garantizada.

20

En un modo de realización adicional, el primer procesador 501 está configurado específicamente para: para una solución de asignación de espectro, determinar la carga estimada de la parte central y la zona de borde de cada una de las celdas a partir de la demanda de servicio de la parte central y de la zona de borde de cada una de las celdas y la solución de asignación de espectro; y determinar el indicador de rendimiento objetivo de cada una de las celdas a partir de la carga estimada de la parte central y de la zona de borde de cada una de las celdas, y utilizar el indicador de rendimiento objetivo de cada una de las celdas como indicador de rendimiento objetivo de la solución de asignación de espectro.

25

Además, el primer procesador 501 está configurado específicamente para determinar la carga estimada de la parte central y la zona de borde de cada una de las celdas mediante la siguiente fórmula:

30

$$\tilde{\rho}_{c,r} = \sum_{W_{c,r}} \left(\frac{G_{c,r}}{W_{unit}} f \left(\frac{N_{c,r}}{G_{c,r}} + \sum_{d \in I_c} \frac{H_{r,r'}}{G_{c,r}} \min(\hat{\rho}_{d,r}, 1) \right) \right);$$

donde, $\tilde{\rho}_{c,r}$ es la carga estimada de la subárea r de la celda c , y $r=1,2$ representa la parte central y la zona de borde, respectivamente;

$W_{c,r}$ es un conjunto de subanchos de banda de la subárea r de la celda c ;

35 la función f es $f(x) = \frac{\log(2)}{\ln(1+1/x)}$;

$W_{unit}=W/N$ es el ancho de banda de cada subancho de banda; W es el ancho de banda del sistema, y N es el número de partes iguales obtenidas al dividir el ancho de banda del sistema;

$G_{c,r}$ es un coeficiente relacionado con la demanda de servicio de la subárea r de la celda c ;

$N_{c,r}$ es un coeficiente relacionado con la demanda de servicio y el ruido de la subárea r de la celda c ; y

40 $H_{r,r'}$ es un coeficiente relacionado con la demanda de servicio y la interferencia de la subárea r de la celda c .

Además, el primer procesador 501 está configurado específicamente para: para una celda, si la demanda de servicio de la celda incluye una demanda de servicio GBR, obtener la carga estimada del servicio GBR a partir de la carga estimada de la parte central y de la zona de borde de cada una de las celdas; y obtener el indicador de rendimiento objetivo del servicio GBR a partir de la carga estimada del servicio GBR, y utilizar el indicador de rendimiento objetivo del servicio GBR como indicador de rendimiento objetivo de la celda;

45

si la demanda de servicio de la celda incluye una demanda de servicio no GBR, obtener el indicador de rendimiento objetivo del servicio no GBR a partir de la carga estimada del servicio GBR y la $\tilde{\rho}_{c,r}$, y utilizar el indicador de rendimiento objetivo del servicio no GBR como indicador de rendimiento objetivo de la celda; y

5 si la demanda de servicio de la celda incluye una demanda de servicio GBR y una demanda de servicio no GBR, obtener la carga estimada del servicio GBR a partir de la carga estimada de la parte central y de la zona de borde de la celda, y obtener el indicador de rendimiento objetivo del servicio GBR a partir de la carga estimada del servicio GBR; y obtener el indicador de rendimiento objetivo del servicio no GBR a partir de la carga estimada del servicio GBR y la $\tilde{\rho}_{c,r}$, y determinar el indicador de rendimiento objetivo de la celda a partir de la carga estimada del servicio GBR y el indicador de rendimiento objetivo del servicio no GBR.

10 En un proceso de implementación específico, el primer procesador 501 está configurado específicamente para utilizar como solución de asignación de espectro elegida la solución de asignación de espectro correspondiente al indicador de rendimiento objetivo óptimo.

Además, el primer procesador 501 también está configurado específicamente para determinar si el indicador de rendimiento objetivo óptimo es mejor que el indicador de rendimiento objetivo determinado en una asignación de espectro previa.

15 En donde, en los modos de realización descritos más arriba, el primer procesador 501, el segundo procesador y el tercer procesador pueden ser independientes y también pueden ser el mismo.

Las diversas variaciones y modos de realización específicos del método de asignación de espectro en el modo de realización anterior de la Fig. 1 también son aplicables al equipo de asignación de espectro de este modo de realización, por medio de la descripción detallada del método de asignación de espectro anterior, aquellos experimentados en la técnica pueden entender claramente el método de implementación del equipo de asignación de espectro de este modo de realización, por lo que, por concisión de la descripción, no se describirá en detalle.

Una o más soluciones técnicas proporcionadas en los modos de realización de la presente solicitud tienen al menos los siguientes efectos técnicos o ventajas.

25 En los modos de realización de la presente solicitud, se propone el concepto de grupo de celdas, se determina el grupo de celdas, el grupo de celdas incluye al menos una primera celda cuyo indicador de rendimiento actual es menor que el umbral predeterminado y la celda vecina de la primera celda, a continuación se determina para cada grupo de celdas el indicador de rendimiento objetivo de cada solución de asignación de espectro correspondiente al grupo de celdas, se determina la primera solución de asignación de espectro en cada una de las soluciones de asignación de espectro en función del indicador de rendimiento objetivo determinado de cada solución de asignación de espectro, y se asigna el espectro para cada una de las celdas del grupo de celdas de acuerdo con la primera solución de asignación de espectro. Por consiguiente, en los modos de realización de la presente solicitud, en primer lugar, como la asignación de espectro se lleva a cabo en el grupo de celdas, la asignación de espectro se realiza en la celda cuyo indicador de rendimiento actual es menor que el umbral predeterminado y la celda vecina de la misma, concretamente la celda que tiene un indicador de rendimiento peor, el indicador de rendimiento peor indica que la demanda de servicio es mayor y que la carga de la red es mayor, por lo que se requiere una reasignación de espectro; en segundo lugar, como cada grupo de celdas corresponde a una pluralidad de soluciones de asignación de espectro, se determina el indicador de rendimiento objetivo de cada solución de asignación de espectro, se escoge la solución de asignación de espectro en cada una de las soluciones de asignación de espectro en función del indicador de rendimiento objetivo determinado de cada solución de asignación de espectro, y a continuación se asigna el espectro, por lo que en los modos de realización de la presente solicitud, la solución de asignación de espectro se puede ajustar dinámicamente de acuerdo con la variación del indicador de rendimiento, y también se pueden evitar los problemas debidos al ajuste dinámico del espectro, por ejemplo, los problemas de interferencia provocados por la FFR dinámica mencionada en los antecedentes.

45 Aquellos experimentados en la técnica deberían entender que los modos de realización de la presente solicitud se pueden proporcionar como un método, un sistema o un producto de programa para ordenador. De acuerdo con ello, la presente solicitud puede adoptar la forma de un modo de realización basado únicamente en hardware, un modo de realización basado únicamente en software o un modo de realización que combine software y hardware. Además, la presente solicitud puede adoptar la forma de un producto de programa para ordenador implementado en uno o más medios de almacenamiento utilizables por un ordenador (incluidos, pero no limitados a, un almacenamiento en disco magnético, una memoria óptica y similares) que contienen códigos de programa utilizables por un ordenador.

La presente invención se describe de acuerdo con el método, el dispositivo (sistema) de los modos de realización de la presente solicitud y un diagrama de flujo y/o un diagrama de bloques del producto de programa para ordenador. Se debe entender que las instrucciones del programa para ordenador pueden implementar cada flujo y/o bloque del diagrama de flujo y/o del diagrama de bloques y la combinación de los flujos y/o bloques del diagrama de flujo y/o del diagrama de bloques. Dichas instrucciones de programa para ordenador se le pueden proporcionar a un ordenador de propósito general, un ordenador de propósito especial, un procesador incrustado o primeros

5 procesadores 501 de otros dispositivos de procesamiento de datos programables para generar una máquina, de tal modo que las instrucciones ejecutadas por los ordenadores o los primeros procesadores 501 de los otros dispositivos de procesamiento de datos programables constituyen equipos utilizados para llevar a cabo las funciones designadas en un flujo o múltiples flujos del diagrama de flujo y/o un bloque o múltiples bloques del diagrama de bloques.

10 Estas instrucciones del programa para ordenador también se pueden almacenar en una memoria legible por ordenador capaz de guiar a los ordenadores u otros dispositivos de procesamiento de datos programables para que operen de una forma determinada, de tal modo que las instrucciones almacenadas en la memoria legible por ordenador constituyen productos que incluyen equipos de instrucciones, y los equipos de instrucciones llevan a cabo las funciones designadas en un flujo o múltiples flujos del diagrama de flujo y/o un bloque o múltiples bloques del diagrama de bloques.

15 Estas instrucciones de programa para ordenador también se pueden cargar en los ordenadores u otros dispositivos de procesamiento de datos programables para ejecutar una serie de pasos de operación en los ordenadores u otros dispositivos de procesamiento de datos programables con el fin de llevar a cabo el procesamiento generado por los ordenadores, de tal modo que las instrucciones ejecutadas en los ordenadores u otros dispositivos de procesamiento de datos programables proporcionan pasos utilizados para llevar a cabo las funciones designadas en un flujo o múltiples flujos del diagrama de flujo y/o un bloque o múltiples bloques del diagrama de bloques.

20 Evidentemente, aquellos experimentados en la técnica pueden realizar diversas modificaciones y variaciones a la presente solicitud sin apartarse del alcance de la presente solicitud. De esta forma, si esas modificaciones y variaciones de la presente solicitud se encuentran dentro del alcance de las reivindicaciones de la presente solicitud y la tecnología equivalente de la misma, entonces se entiende que la presente solicitud incluye dichas modificaciones y variaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un método de asignación de espectro, que comprende:

determinar (101) un grupo de celdas, en donde el grupo de celdas comprende al menos una primera celda cuyo indicador de rendimiento actual es menor que un umbral predeterminado y una celda vecina de la primera celda;

determinar (102) un indicador de rendimiento objetivo de cada solución de asignación de espectro correspondiente al grupo de celdas;

determinar (103) una primera solución de asignación de espectro en las cada una soluciones de asignación de espectro de acuerdo con el indicador de rendimiento objetivo de las cada una soluciones de asignación de espectro; y

asignar (104) un espectro para cada una de las celdas del grupo de celdas de acuerdo con la primera solución de asignación de espectro,

en donde la determinación (102) del indicador de rendimiento objetivo de las cada una soluciones de asignación de espectro correspondiente al grupo de celdas comprende específicamente:

para una solución de asignación de espectro, determinar la carga estimada de la parte central y la zona de borde de las cada una de las celdas de acuerdo con la demanda de servicio de la parte central y la zona de borde de las cada una de las celdas y la solución de asignación de espectro; y

determinar un indicador de rendimiento objetivo de cada una de las celdas en función de la carga estimada de la parte central y la zona de borde de las cada una de las celdas, y utilizar el indicador de rendimiento objetivo de las cada una de las celdas como indicador de rendimiento objetivo de la solución de asignación de espectro.

2. El método de asignación de espectro de la reivindicación 1, en donde el grupo de celdas comprende una primera celda; y

cada solución de asignación de espectro correspondiente al grupo de celdas se determina mediante los siguientes pasos:

dividir (201) el ancho de banda del sistema en N partes iguales, en donde N es un entero mayor que 2;

determinar (202) una celda vecina de la primera celda, cuyo indicador de rendimiento actual sea el peor;

determinar (203) la utilización de i partes de anchos de banda en la zona de borde de la primera celda y utilizar (N-i) partes de anchos de banda en la parte central de la primera celda, en donde i es menor o igual que N-2 y es mayor o igual que 1;

determinar (204) la utilización de j partes de anchos de banda en la zona de borde de la celda vecina que tiene el peor indicador de rendimiento actual y utilizar (N-j) partes de anchos de banda en la parte central de la celda vecina que tiene el peor indicador de rendimiento actual, en donde j es mayor o igual que 1 y es menor o igual que N-i-1;

determinar (205) la utilización de k partes de anchos de banda en la zona de borde de una celda vecina común a la primera celda y la celda vecina que tiene el peor indicador de rendimiento actual y utilizar (N-k) partes de anchos de banda en la parte central de la celda vecina común a la primera celda y la celda vecina que tiene el peor indicador de rendimiento actual, en donde $k=N-i-j$; y

determinar (206) que el espectro utilizado por otras celdas vecinas de la primera celda excepto la celda vecina que tiene el peor indicador de rendimiento actual y la celda vecina común a la primera celda y la celda vecina que tiene el peor indicador de rendimiento actual es el mismo que el espectro utilizado por la celda vecina que tiene el peor indicador de rendimiento actual o el utilizado por la celda vecina común a la primera celda y la celda vecina que tiene el peor indicador de rendimiento actual.

3. El método de asignación de espectro de la reivindicación 1 ó 2, en donde el grupo de celdas comprende al menos dos primeras celdas; y

cada solución de asignación de espectro correspondiente al grupo de celdas se determina mediante los siguientes pasos:

dividir (301) el ancho de banda del sistema en 3M partes iguales, en donde M es un entero positivo;

determinar (302) un conjunto de asignación de espectro a las celdas; y

determinar (303) la utilización de un elemento en el conjunto de asignación de espectro a las celdas en la zona de borde para cada una de las celdas del grupo de celdas y utilizar la parte restante del ancho de banda del sistema en la parte central.

4. El método de asignación de espectro de la reivindicación 3, en donde el conjunto de asignación de espectro a las celdas se determina específicamente mediante la fórmula $3 \sum_{n=0}^{M-1} (M-n)$.

5. El método de asignación de espectro de una cualquiera de las reivindicaciones 1-4, en donde la demanda de servicio es específicamente una demanda de servicio con tasa de bits garantizada, GBR, y/o una demanda de servicio con tasa de bits no garantizada, no GBR.

6. El método de asignación de espectro de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en donde la carga estimada de la parte central y la zona de borde de las cada una de las celdas se determina específicamente mediante la siguiente fórmula:

$$\tilde{\rho}_{c,r} = \sum_{W_{c,r}} \left(\frac{G_{c,r}}{W_{unit}} f \left(\frac{N_{c,r}}{G_{c,r}} + \sum_{d \in I_c} \frac{H_{r,r'} \cdot \min(\hat{\rho}_{d,r}, 1)}{G_{c,r}} \right) \right);$$

donde $\tilde{\rho}_{c,r}$ se refiere a la carga estimada de la subárea r de la celda c, y r=1,2 representa la parte central y la zona de borde, respectivamente;

15 $W_{c,r}$ se refiere a un conjunto de subanchos de banda de la subárea r de la celda c;

la función f es $f(x) = \frac{\log(2)}{\ln(1+1/x)}$;

$W_{unit} = W/N$ se refiere al ancho de banda de cada subancho de banda; W se refiere al ancho de banda del sistema, y N se refiere al número de partes iguales obtenidas al dividir el ancho de banda del sistema;

$G_{c,r}$ se refiere a un coeficiente relacionado con la demanda de servicio de la subárea r de la celda c;

20 $N_{c,r}$ se refiere a un coeficiente relacionado con la demanda de servicio y el ruido de la subárea r de la celda c; y

$H_{r,r'}$ se refiere a un coeficiente relacionado con la demanda de servicio y la interferencia de la subárea r de la celda c.

7. El método de asignación de espectro de la reivindicación 6, en donde la determinación del indicador de rendimiento objetivo de las cada una de las celdas a partir de la carga estimada de la parte central y la zona de borde de las cada una de las celdas comprende específicamente:

para una celda, si la demanda de servicio de la celda comprende una demanda de servicio GBR, obtener la carga estimada del servicio GBR a partir de la carga estimada de la parte central y la zona de borde de la celda; y obtener un indicador de rendimiento objetivo del servicio GBR a partir de la carga estimada del servicio GBR, y utilizar el indicador de rendimiento objetivo del servicio GBR como indicador de rendimiento objetivo de la celda;

30 si la demanda de servicio de la celda comprende una demanda de servicio no GBR, obtener un indicador de rendimiento objetivo del servicio no GBR a partir de la carga estimada del servicio GBR y la $\tilde{\rho}_{c,r}$ y utilizar el indicador de rendimiento objetivo del servicio no GBR como indicador de rendimiento objetivo de la celda; y

35 si la demanda de servicio de la celda comprende una demanda de servicio GBR y una demanda de servicio no GBR, obtener la carga estimada del servicio GBR a partir de la carga estimada de la parte central y la zona de borde de la celda y obtener el indicador de rendimiento objetivo del servicio GBR a partir de la carga estimada del servicio GBR; y obtener el indicador de rendimiento objetivo del servicio no GBR a partir de la carga estimada del servicio GBR y la $\tilde{\rho}_{c,r}$, y determinar el indicador de rendimiento objetivo de la celda a partir de la carga estimada del servicio GBR y el indicador de rendimiento objetivo del servicio no GBR.

8. El método de asignación de espectro de una cualquiera de las reivindicaciones 1-7, en donde la determinación (101) del grupo de celdas comprende específicamente:

determinar la primera celda; y

formar un grupo de celdas con la primera celda y la celda vecina de la primera celda.

9. El método de asignación de espectro de una cualquiera de las reivindicaciones 1-7, en donde la determinación (101) del grupo de celdas comprende específicamente:

determinar la primera celda;

formar un grupo de celdas con la primera celda y la celda vecina de la primera celda; y

5 si el grupo de celdas no tiene un grupo de celdas vecinas, determinar como grupo de celdas el grupo de celdas;

si el grupo de celdas tiene un grupo de celdas vecinas, determinar como grupo de celdas el grupo de celdas y el grupo de celdas vecinas del grupo de celdas.

10. Un equipo de asignación de espectro, que comprende:

10 un primer módulo (401) de determinación, configurado para determinar un grupo de celdas, en donde el grupo de celdas comprende al menos una primera celda cuyo indicador de rendimiento actual es menor que un umbral predeterminado y una celda vecina de la primera celda;

un segundo módulo (402) de determinación, configurado para determinar un indicador de rendimiento objetivo de cada solución de asignación de espectro correspondiente al grupo de celdas;

15 un tercer módulo (403) de determinación, configurado para determinar una primera solución de asignación de espectro en las cada una soluciones de asignación de espectro a partir del indicador de rendimiento objetivo de las cada una soluciones de asignación de espectro; y

un módulo (404) de asignación, configurado para asignar un espectro para cada una de las celdas del grupo de celdas de acuerdo con la primera solución de asignación de espectro,

20 en donde el segundo módulo (402) de determinación está configurado específicamente para: para una solución de asignación de espectro, determinar la carga estimada de la parte central y la zona de borde de cada una de las celdas a partir de la demanda de servicio de la parte central y la zona de borde de las cada una de las celdas y la solución de asignación de espectro; y determinar un indicador de rendimiento objetivo de cada una de las celdas a partir de la carga estimada de la parte central y la zona de borde de las cada una de las celdas, y utilizar el indicador de rendimiento objetivo de las cada una de las celdas como indicador de rendimiento objetivo de la solución de asignación de espectro.

11. El equipo de asignación de espectro de la reivindicación 10, en donde el grupo de celdas comprende una primera celda; y el equipo de asignación de espectro comprende además:

30 un primer módulo de división, configurado para dividir el ancho de banda del sistema en N partes iguales, en donde N es un entero mayor que 2;

un cuarto módulo de determinación, configurado para determinar una celda vecina de la primera celda, cuyo indicador de rendimiento actual es el peor; y

35 un quinto módulo de determinación, configurado para determinar la utilización de i partes de anchos de banda en la zona de borde de la primera celda y utilizar (N-i) partes de anchos de banda en la parte central de la primera celda, en donde i es menor o igual que N-2 y es mayor o igual que 1; determinar la utilización de j partes de anchos de banda en la zona de borde de la celda vecina que tiene el peor indicador de rendimiento actual y utilizar (N-j) partes de anchos de banda en la parte central de la celda vecina que tiene el peor indicador de rendimiento actual, en donde j es mayor o igual que 1 y es menor o igual que N-i-1; determinar la utilización de k partes de anchos de banda en la zona de borde de una celda vecina común a la primera celda y la celda vecina que tiene el peor indicador de rendimiento actual y utilizar (N-k) partes de anchos de banda en la parte central de la celda vecina común a la primera celda y la celda vecina que tiene el peor indicador de rendimiento actual, en donde $k=N-i-j$; y determinar que el espectro utilizado por otras celdas vecinas de la primera celda, excepto la celda vecina que tiene el peor indicador de rendimiento actual y la celda vecina común a la primera celda y la celda vecina que tiene el peor indicador de rendimiento actual, es el mismo que el espectro utilizado por la celda vecina que tiene el peor indicador de rendimiento actual o el utilizado por la celda vecina común a la primera celda y la celda vecina que tiene el peor indicador de rendimiento actual.

12. El equipo de asignación de espectro de la reivindicación 10 u 11, en donde el grupo de celdas comprende al menos dos primeras celdas; y el equipo de asignación de espectro comprende además:

50 un segundo módulo de división, configurado para dividir el ancho de banda del sistema en 3M partes iguales, en donde M es un entero positivo;

un sexto módulo de determinación, configurado para determinar un conjunto de asignación de espectro a las celdas; y

5 un séptimo módulo de determinación, configurado para determinar la utilización de un elemento en el conjunto de asignación de espectro a las celdas en la zona de borde para cada una de las celdas del grupo de celdas y utilizar el resto del ancho de banda del sistema en la parte central.

13. El equipo de asignación de espectro de la reivindicación 12, en donde el sexto módulo de determinación está configurado específicamente para determinar el conjunto de asignación de espectro a las celdas mediante la fórmula $3 \sum_{n=0}^{M-1} (M - n)$.

10 14. El equipo de asignación de espectro de una cualquiera de las reivindicaciones 10-13, en donde la demanda de servicio es específicamente una demanda de servicio con tasa de bits garantizada, GBR, y/o una demanda de servicio con tasa de bits no garantizada, no GBR.

15. El equipo de asignación de espectro de una cualquiera de las reivindicaciones 10-14, en donde el segundo módulo (402) de determinación está configurado específicamente para determinar la carga estimada de la parte central y la zona de borde de las cada una de las celdas mediante la siguiente fórmula:

$$15 \quad \tilde{\rho}_{c,r} = \sum_{W_{c,r}} \left(\frac{G_{c,r}}{W_{unit}} f \left(\frac{N_{c,r}}{G_{c,r}} + \sum_{d \in I_c} \frac{H_{r,r'} \min(\hat{\rho}_{d,r}, 1)}{G_{c,r}} \right) \right);$$

donde $\tilde{\rho}_{c,r}$ se refiere a la carga estimada de la subárea r de la celda c, y r=1,2 representa la parte central y la zona de borde, respectivamente;

$W_{c,r}$ se refiere a un conjunto de subanchos de banda de la subárea r de la celda c;

la función f es $f(x) = \frac{\log(2)}{\ln(1+1/x)}$;

20 $W_{unit} = W/N$ se refiere al ancho de banda de cada subancho de banda; W se refiere al ancho de banda del sistema, y N se refiere al número de partes iguales obtenidas al dividir el ancho de banda del sistema;

$G_{c,r}$ se refiere a un coeficiente relacionado con la demanda de servicio de la subárea r de la celda c;

$N_{c,r}$ se refiere a un coeficiente relacionado con la demanda de servicio y el ruido de la subárea r de la celda c; y

25 $H_{r,r'}$ se refiere a un coeficiente relacionado con la demanda de servicio y la interferencia de la subárea r de la celda c.

30 16. El equipo de asignación de espectro de la reivindicación 15, en donde el segundo módulo (402) de determinación está configurado específicamente para: para una celda, si la demanda de servicio de la celda comprende una demanda de servicio GBR, obtener la carga estimada del servicio GBR a partir de la carga estimada de la parte central y la zona de borde de la celda; y obtener un indicador de rendimiento objetivo del servicio GBR a partir de la carga estimada del servicio GBR, y utilizar el indicador de rendimiento objetivo del servicio GBR como indicador de rendimiento objetivo de la celda;

si la demanda de servicio de la celda comprende una demanda de servicio no GBR, obtener un indicador de rendimiento objetivo del servicio no GBR a partir de la carga estimada del servicio GBR y la $\tilde{\rho}_{c,r}$, y utilizar el indicador de rendimiento objetivo del servicio no GBR como indicador de rendimiento objetivo de la celda; y

35 si la demanda de servicio de la celda comprende una demanda de servicio GBR y una demanda de servicio no GBR, obtener la carga estimada del servicio GBR a partir de la carga estimada de la parte central y la zona de borde de la celda, y obtener un indicador de rendimiento objetivo del servicio GBR a partir de la carga estimada del servicio GBR; y obtener un indicador de rendimiento objetivo del servicio no GBR a partir de la carga estimada del servicio GBR y la $\tilde{\rho}_{c,r}$, y determinar un indicador de rendimiento objetivo de la celda en función de la carga estimada del servicio GBR y el indicador de rendimiento objetivo del servicio no GBR.

40 17. El equipo de asignación de espectro de una cualquiera de las reivindicaciones 10-16, en donde el primer módulo (401) de determinación está configurado específicamente para: determinar la primera celda; y formar el grupo de celdas con la primera celda y la celda vecina de la primera celda.

45 18. El equipo de asignación de espectro de una cualquiera de las reivindicaciones 10-16, en donde el primer módulo (401) de determinación está configurado específicamente para: determinar la primera celda; formar un grupo

de celdas con la primera celda y la celda vecina de la primera celda; y si el grupo de celdas no tiene un grupo de celdas vecinas, determinar como grupo de celdas el grupo de celdas; si el grupo de celdas tiene un grupo de celdas vecinas, determinar como grupo de celdas el grupo de celdas y el grupo de celdas vecinas del grupo de celdas.

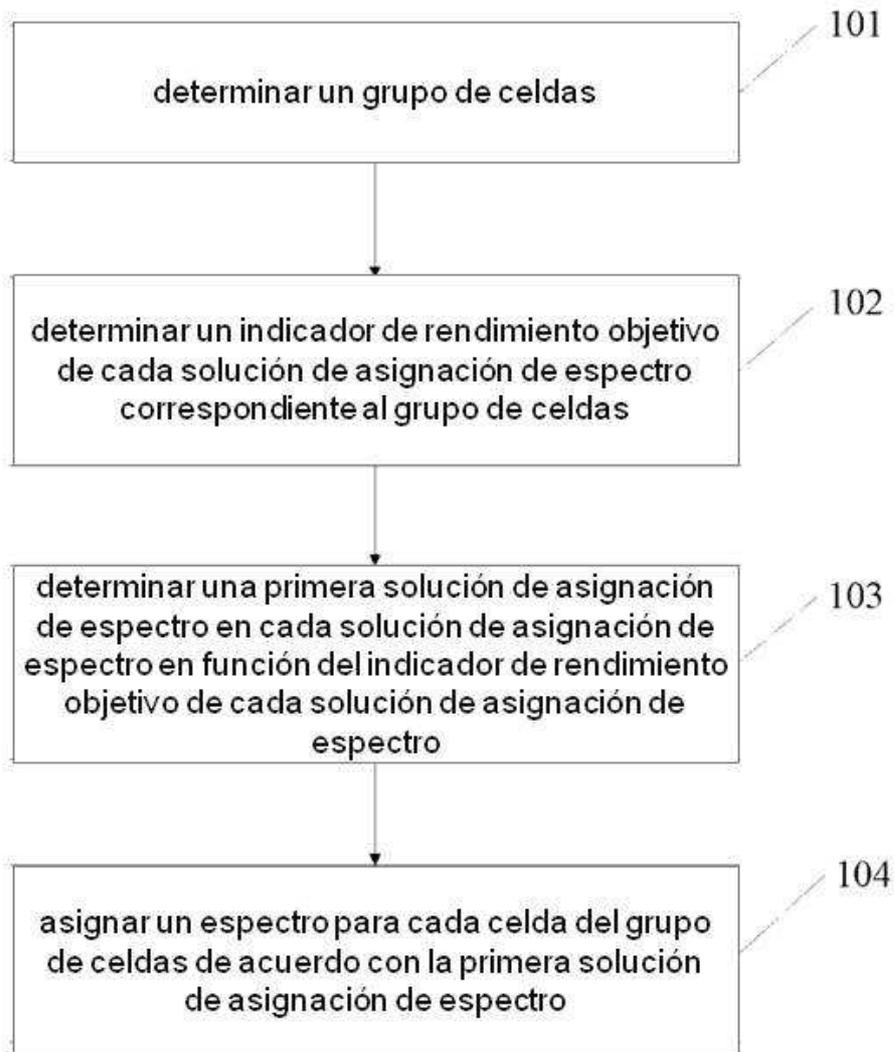


Fig.1

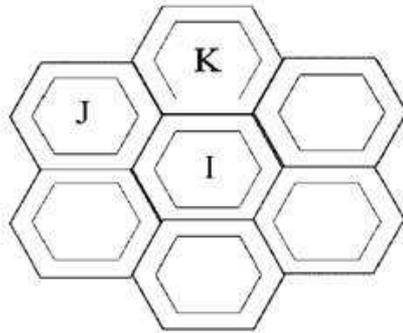


Fig.2

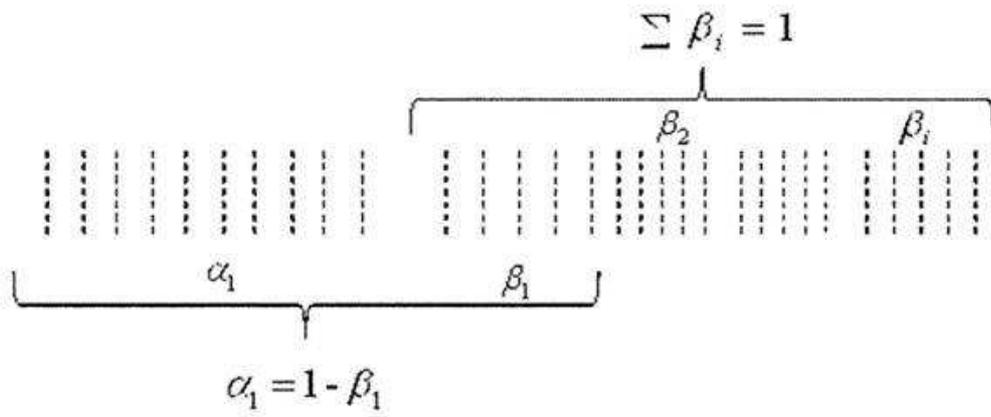


Fig.3a

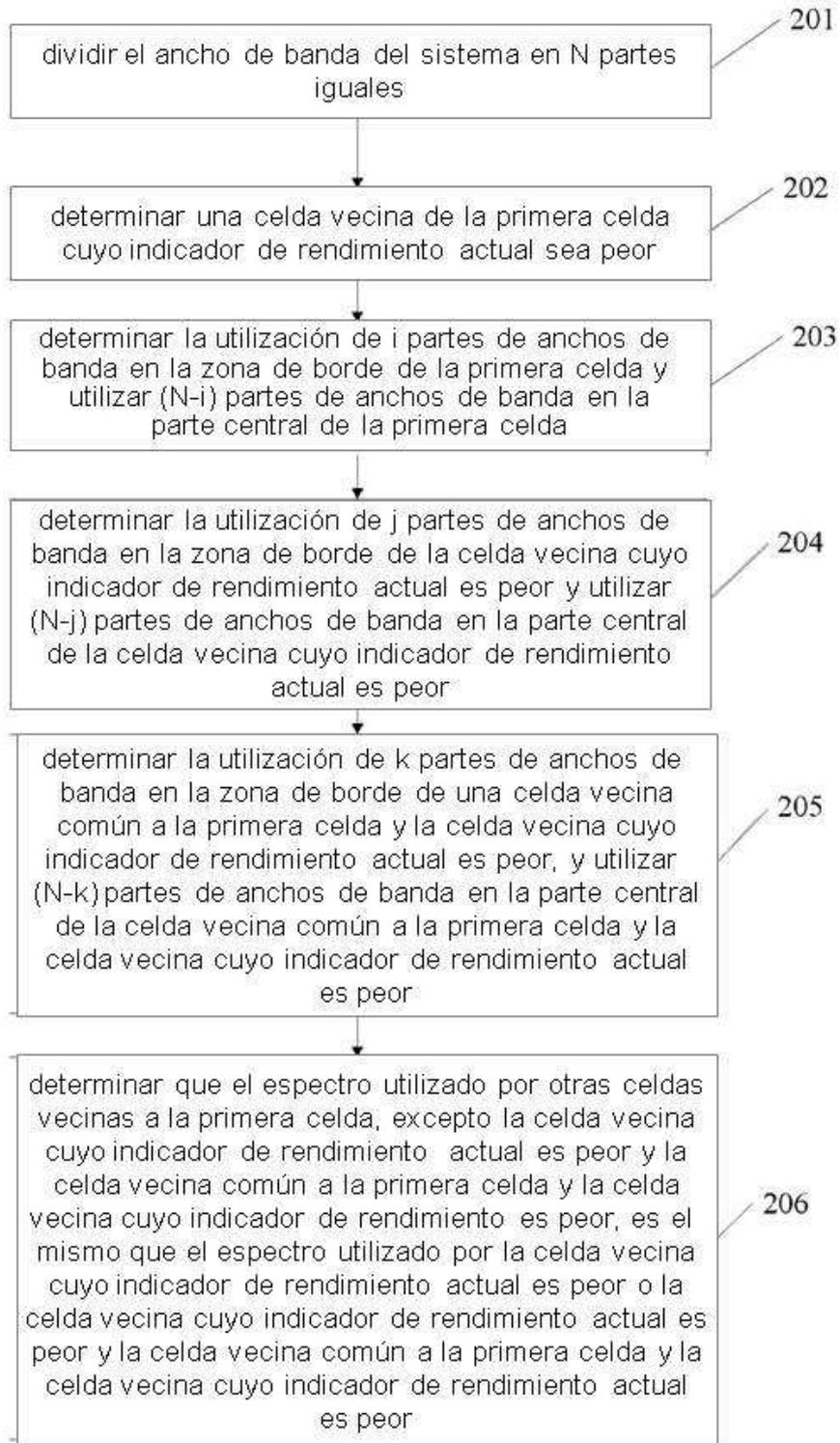


Fig.3b

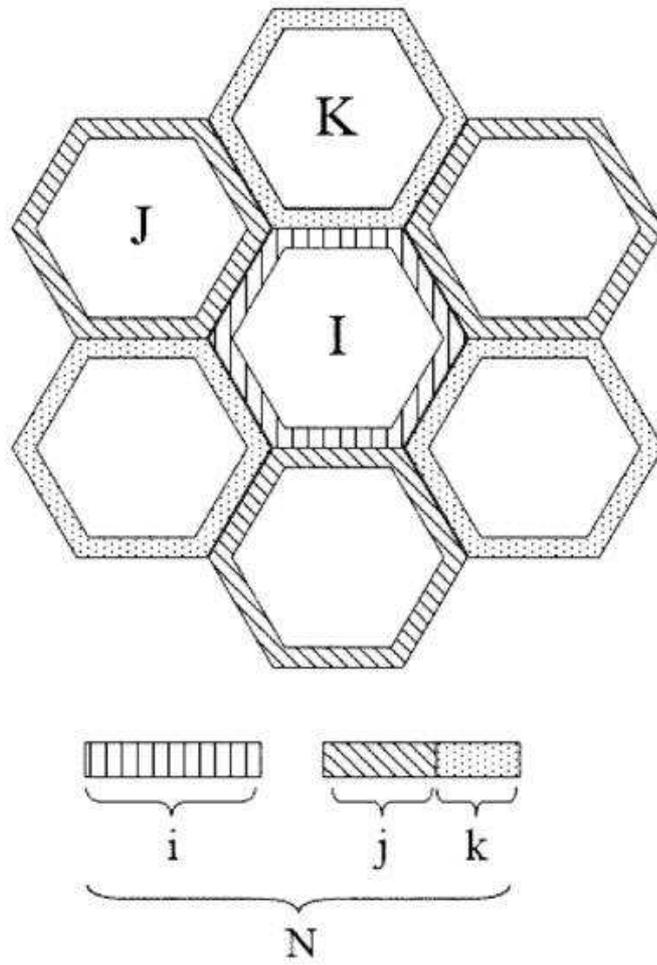


Fig.3c

celda	F	F			F											F1				F2	
	1	2			5											7				1	
I	6	5	5	4	4	4	3	3	3	3	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	
J	1	1	2	1	2	3	1	2	3	4	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	6
K	1	2	1	3	2	1	4	3	2	1	5	4	3	2	1	6	5	4	3	2	1
...																					

Fig.3d

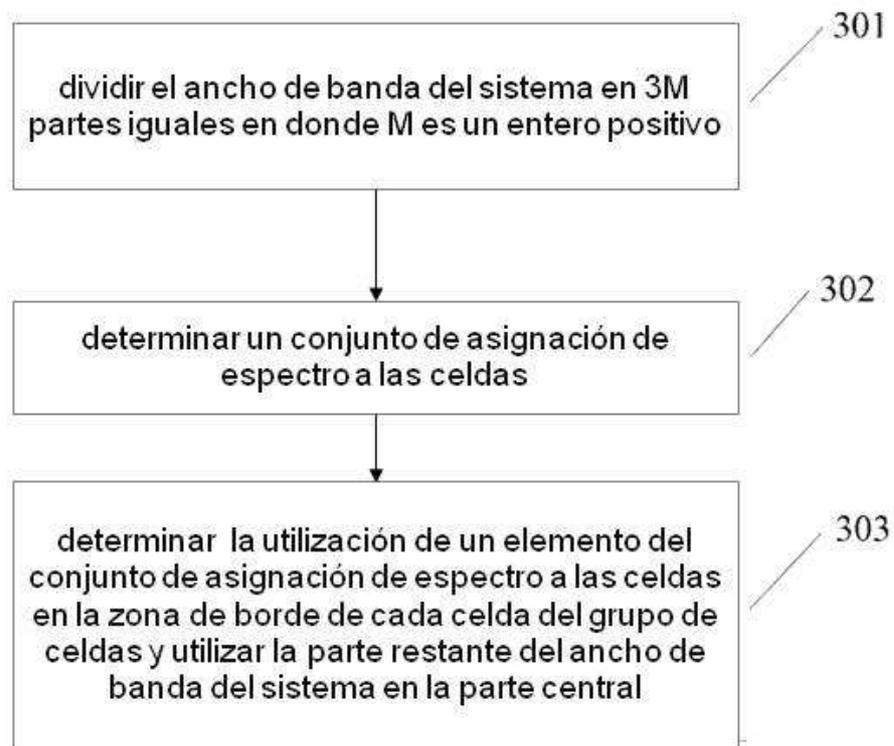


Fig.4a

celda	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9
1	1	2	(1, 2)	3	4	(3,4)	5	6	(5,6)
2	1	2	(1, 2)	3	4	(3,4)	5	6	(5,6)
3	1	2	(1, 2)	3	4	(3,4)	5	6	(5,6)
...									

Fig.4b

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12	F13	F14	F15	F16	F17	F18
elemento	1	2	3	(1, 2)	(2, 3)	(1,2, 3)	4	5	6	(4, 5)	(5, 6)	(4,5, 6)	7	8	9	(7, 8)	(8, 9)	(7,8, 9)

Fig.4c

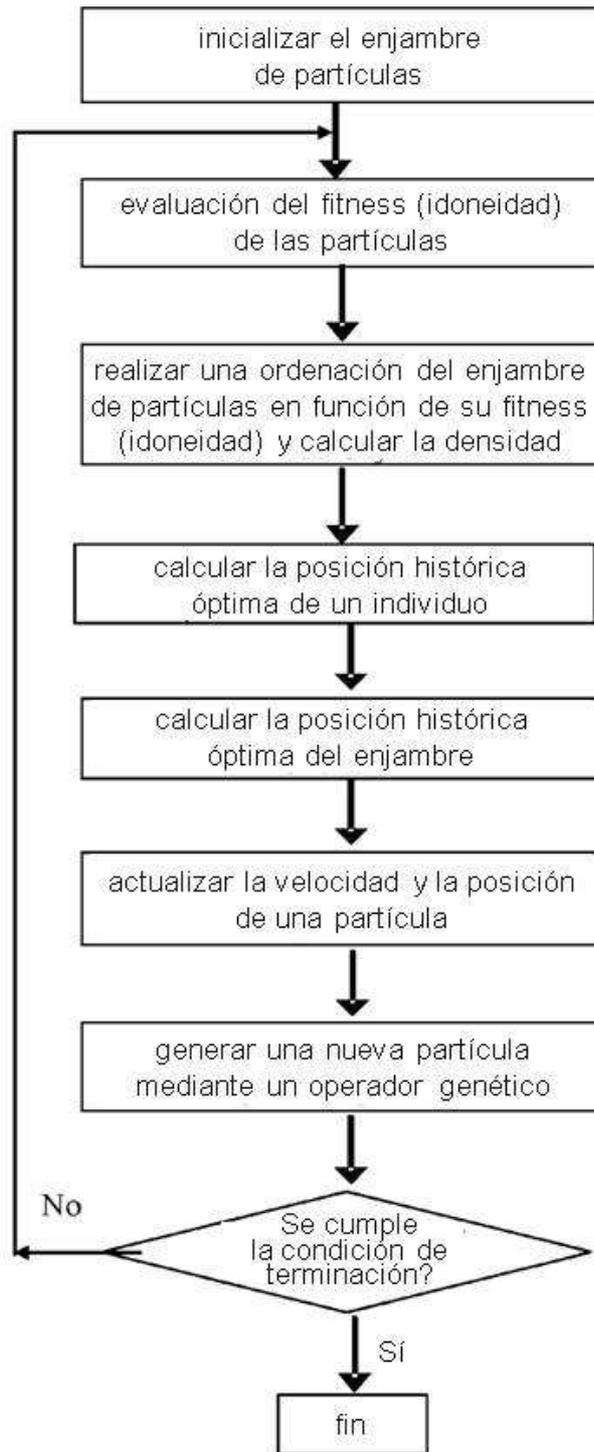


Fig.5



Fig.6

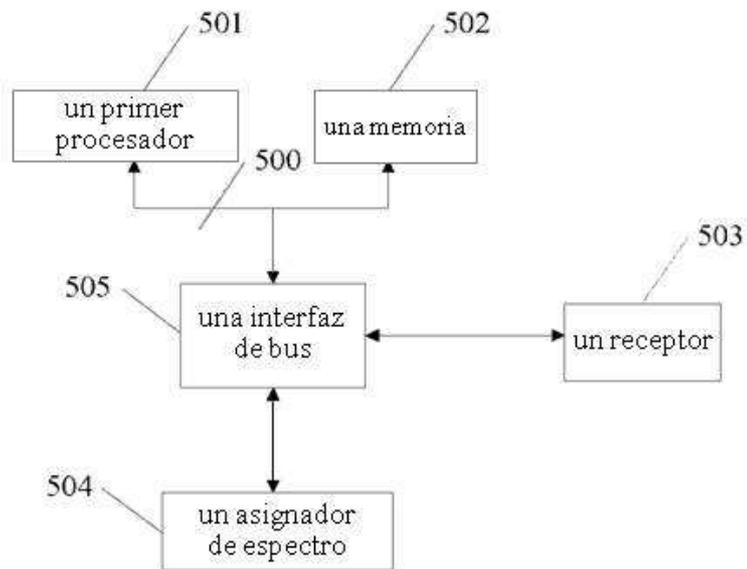


Fig.7