

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 645 948**

51 Int. Cl.:

H04W 16/10 (2009.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **01.07.2014 PCT/EP2014/063932**

87 Fecha y número de publicación internacional: **07.01.2016 WO16000758**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.07.2014 E 14734475 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.09.2017 EP 2984861**

54 Título: **Asignación dinámica avanzada de canales**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
11.12.2017

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

72 Inventor/es:
**EZRI, DORON;
WEITZMAN, AVI;
SHILO, SHIMI;
SUN, FUQING;
RUAN, WEI y
FAN, RONGHU**

74 Agente/Representante:
LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 645 948 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

Asignación dinámica avanzada de canales.

Antecedentes

5 La presente invención, en algunas de sus realizaciones de la misma, se refiere a una red de radio inalámbrica y, en particular pero no de forma exclusiva, a asignar canales a dispositivos transceptores de radio en una red de radio inalámbrica.

10 En muchos sistemas inalámbricos, como las redes de área local inalámbricas (WLAN), los sistemas de transmisión y/o las redes celulares inalámbricas, el sistema incluye el solapamiento múltiple y/o la ausencia de solapamiento de canales de frecuencias de radiación electromagnética. Cuando el sistema también incluye varios dispositivos transceptores de radio, por ejemplo puntos de acceso (AP) WiFi™ o estaciones base celulares, se asignan uno o más canales a cada transceptor de radio. Tal como se usa en la presente, los términos asignación y/o distribución de canales se utilizan de manera intercambiable para referirse a la configuración de un transceptor de radio para utilizar un canal particular de una frecuencia base. Tal como se usa en la presente, los términos transceptor de radio y/o punto de acceso se refieren a un punto de acceso WLAN, un transmisor de una red de radiodifusión, una estación base de una red celular inalámbrica, y similares. La asignación de canales para cada transceptor puede ser estática o dinámica. Los ejemplos detallados en algunas de las realizaciones de métodos y dispositivos descritos en la presente memoria se toman principalmente de redes de área local inalámbricas por cuestiones de simplicidad y claridad, sin embargo, se pueden implementar otras realizaciones de los métodos y los dispositivos en otras tecnologías para compartir recursos de radio, tales como los sistemas de radiodifusión y/o las redes celulares inalámbricas.

15 En las WLAN, se puede descubrir la asignación óptima de canales probando todas las combinaciones posibles de canales para todos los puntos de acceso AP del sistema, para luego elegir la combinación óptima de una función de coste y/o el objetivo de la red, como en la optimización combinatoria. Planteamientos por debajo del nivel óptimo incluyen métodos de agrupamiento de AP, iterativos, y el método iterativo de turnos rotativos. El método de agrupamiento de AP (puntos de acceso) divide los AP en grupos pequeños y luego divide los canales en grupos. El método iterativo puede asignar un canal al AP con la mayor interferencia para reducir dicha interferencia, esperar un periodo de tiempo corto como pueden ser unos minutos, y luego repetir la operación. El método iterativo de turnos rotativos puede organizar todos los AP según la interferencia, asignar un canal al primer AP de la lista, esperar un periodo corto de tiempo como pueden ser unos minutos, repetir el proceso de nuevo para el siguiente AP en la lista, y continuar de esta manera hasta que se hayan asignado todos los AP. Cuando se ha completado la lista, el proceso comienza de nuevo con un nuevo orden. El Documento D1: US 2009/0109855 describe un método para determinar la asignación de canales de red de retorno minimizando una función de coste calculada para cada punto de acceso. Se analiza durante el proceso un árbol de clasificación hecho a partir de los nodos de la red.

Compendio

35 La invención se define en las reivindicaciones anejas independientes. Las realizaciones específicas se definen en las reivindicaciones dependientes.

40 Según un aspecto de algunas de las realizaciones de la invención, se describe un dispositivo para asignar canales de radio a dispositivos transceptores de radio. El dispositivo comprende una interfaz configurada para recibir uno o más valores de comunicación de radio, y cada valor de comunicación de radio está asociado a un dispositivo transceptor de radio. El dispositivo comprende un procesador configurado para calcular un orden entre dos o más dispositivos transceptores de radio en base a los dos o más valores de comunicación de radio. El procesador está configurado para crear, según el orden seleccionado, uno o más árboles de clasificación, que tienen una raíz y dos o más etapas. Cada una de las dos o más etapas representa uno de los dos o más dispositivos transceptores escogidos según el orden seleccionado, mientras que la raíz representa una asignación de uno de los dos o más canales de radio disponibles para el primer dispositivo transceptor de radio según el orden seleccionado. Cada nodo en cada una de las dos o más etapas representa una asignación de uno de los dos o más canales de radio disponibles para uno de los dos o más dispositivos transceptores de radio representados por una de las dos o más etapas correspondientes. Cada borde está asociado a un valor del borde que es igual a un valor incremental de una función de coste que se calcula a partir de dos o más valores de comunicación de radio. El procesador está configurado para seleccionar una rama del árbol de clasificación según un valor final de una función de coste que se calcula a partir de los valores del borde a lo largo de la rama. La rama comprende todos los nodos y los bordes de un camino que va de la raíz a la hoja de la rama, y en donde la rama define una selección de uno de los dos o más canales de radio disponibles para cada uno de los dos o más dispositivos transceptores de radio. El procesador está configurado para asignar los dos o más canales de radio disponibles a los dos o más dispositivos transceptores de radio según la rama seleccionada.

De manera opcional, la interfaz está configurada para recibir dos o más valores de comunicación de radio, y los dos o más valores de comunicación de radio son cualquiera de los de la lista de un ruido electrónico de interferencia, un ruido gaussiano de una radiofrecuencia de radiación electromagnética, un ruido blanco de una radiofrecuencia de

radiación electromagnética, una interferencia de un transceptor de radio, una interferencia mutua con un transceptor de radio, una interferencia con un transceptor de radio desconectado de la red al que no se puede asignar un canal, una carga de un transceptor de radio, una prioridad de un transceptor, la utilización de un transceptor de radio, la energía de transmisión de un transceptor de radio, y la energía de recepción de un transceptor de radio.

- 5 De manera opcional, la interfaz está configurada para recibir dos o más valores de interferencia mutua de transceptores de radio, cada uno de los dos o más valores de interferencia mutua de los transceptores de radio medido por uno de los dos o más dispositivos transceptores en base a la fuerza de la señal de radio transmitida por un segundo dispositivo transceptor de radio de los dos o más dispositivos transceptores de radio.

- 10 De manera opcional, se puede configurar el procesador para calcular el valor incremental de la función de coste para un borde dado del árbol de clasificación en base a todas las asignaciones de los canales inalámbricos para los dispositivos transceptores de radio en un camino que va desde la raíz del árbol a lo largo de un borde dado hasta llegar a un nodo al final del borde y del camino.

De manera opcional, se puede configurar el procesador para calcular la función de coste final que comprende la suma de los valores del borde a lo largo de una rama seleccionada.

- 15 De manera opcional, se puede configurar el procesador para calcular el orden de clasificación en base a un valor de la función del orden de clasificación calculado a partir de los valores de comunicación de radio para cada uno de los dos o más dispositivos transceptores de radio, y una clasificación del valor de la función del orden de clasificación.

De manera opcional, se puede configurar el procesador para modificar el orden de clasificación seleccionado mediante una o más reorganizaciones de la clasificación.

- 20 De manera opcional, se puede configurar el procesador para estratificar el orden de clasificación seleccionado en grupos y para reorganizar el orden de clasificación de forma aleatoria para cada grupo estratificado.

De manera opcional, se puede configurar el procesador para eliminar una o más ramas incompletas durante la creación del árbol de clasificación, en base a una función de coste intermedio que comprende una suma de los valores del borde a lo largo de una rama incompleta.

- 25 De manera opcional, se puede configurar el procesador para eliminar también una o más ramas incompletas durante la creación del árbol de clasificación hasta obtener un número deseado de ramas sobrevivientes del árbol de clasificación.

- 30 De manera opcional, se puede configurar el procesador para eliminar también una o más ramas incompletas durante la creación del árbol de clasificación en base a una clasificación estadística de la suma intermedia y del valor umbral estadístico.

De manera opcional, se puede configurar el procesador para repetir las operaciones de cálculo, creación y selección dos o más veces con diferentes variaciones del orden de clasificación, y asignar los dos o más canales de radio disponibles a los dos o más dispositivos transceptores de radio según una combinación de canales preferente que resulta de las dos o más repeticiones.

- 35 De manera opcional, se puede configurar el procesador para crear un árbol de clasificación para cada canal de radio disponible asignado al primer dispositivo transceptor de radio según dicha clasificación.

- 40 Según un aspecto de algunas de las realizaciones de la invención se describe un método para asignar canales de radio disponibles a dispositivos transceptores de radio conectados a una red de radio. El método comprende recibir uno o más valores de comunicación de radio, y cada valor de comunicación de radio está asociado a uno de los dos o más dispositivos transceptores de radio. El método comprende calcular un orden entre los dos o más dispositivos transceptores de radio en base a los dos o más valores de comunicación de radio. El método comprende crear, según el orden seleccionado, uno o más árboles de clasificación, que tienen una raíz y dos o más etapas. Cada una de las dos o más etapas representa uno de los dispositivos transceptores escogidos según el orden seleccionado, mientras que la raíz representa una asignación de uno de los canales de radio disponibles para el primer dispositivo transceptor de radio según el orden seleccionado. Cada nodo en cada una de las dos o más etapas del árbol representa una asignación de uno de los dos o más canales de radio disponibles para uno de los dos o más dispositivos transceptores de radio. Cada borde está asociado a un valor del borde que es igual a un valor incremental de una función de coste que se calcula a partir de dos o más valores de comunicación de radio. El método comprende seleccionar una rama del árbol de clasificación según un valor final de una función de coste que se calcula a partir de los valores del borde de la rama, en donde la rama comprende todos los nodos y los bordes de un camino que va de la raíz a la hoja de la rama, y en donde la rama define una selección de uno o más canales de radio disponibles para cada uno de los dos o más dispositivos transceptores de radio. El método comprende asignar los dos o más canales de radio disponibles a los dos o más dispositivos transceptores de radio según la rama seleccionada.
- 50

Según un aspecto de algunas realizaciones de la presente invención, se describe un programa de ordenador que comprende un código de programa para ejecutar el método como se describe en la presente memoria, donde el programa de ordenador se ejecuta en un ordenador.

5 A menos que se especifique lo contrario, todos los términos técnicos y/o científicos utilizados en la presente memoria tienen el mismo significado que entiende una persona con experiencia ordinaria en la técnica del ámbito de la invención. A pesar de que en la práctica o para realizar pruebas de las realizaciones de la invención se pueden utilizar métodos y materiales similares o equivalentes a aquellos descritos en la presente memoria, a continuación se describen métodos y/o materiales a modo de ejemplo. En caso de haber conflictos, se aplicarán las especificaciones y las definiciones de la patente. Asimismo, los materiales, métodos y ejemplos descritos se proporcionan solo a modo de ilustración y no se pretende que sean limitativos.

10 La implementación del método y/o sistema de las realizaciones de la invención puede incluir realizar o completar tareas específicas de forma manual, automática, o mediante una combinación de las mismas. Además, según la instrumentación y el equipamiento de las realizaciones del método y/o sistema de la invención, se pueden implementar varias de las tareas seleccionadas mediante hardware, software, firmware, o una combinación de los mismos, preferentemente utilizando un sistema operativo.

15 Por ejemplo, se puede implementar el uso de hardware para realizar tareas específicas según realizaciones de la invención mediante un chip o un circuito. Se puede implementar el uso de software para realizar tareas específicas según realizaciones de la invención mediante una pluralidad de instrucciones de software ejecutadas por un ordenador que utiliza cualquier sistema operativo adecuado. En una realización ejemplar de la invención, se realizan una o más tareas según realizaciones ejemplares del método y/o sistema como se describe en la presente memoria mediante un procesador de datos, tal como una plataforma informática para ejecutar una pluralidad de instrucciones. De manera opcional, el procesador de datos incluye una memoria volátil para almacenar instrucciones y/o datos y/o una memoria de almacenamiento no volátil, por ejemplo, un disco rígido magnético y/o un medio extraíble, para almacenar instrucciones y/o datos. De manera opcional, se incluye también una conexión de red. También se incluyen de manera opcional una pantalla de visualización y/o un dispositivo de entrada de datos tales como un teclado o ratón.

Breve descripción de los dibujos

20 A continuación se describen algunas realizaciones de la presente invención, únicamente a modo de ejemplo, haciendo referencia a los dibujos que la acompañan. Haciendo referencia a los dibujos en detalle, se remarca que las particularidades que se muestran son a modo de ejemplo y para ilustrar las realizaciones de la invención. En este sentido, la descripción que se adjunta a los dibujos hace evidente a aquellos expertos en la técnica cómo se pondrán en práctica las realizaciones de la invención.

En los dibujos:

35 la FIG. 1 es una ilustración esquemática de un sistema y un dispositivo para asignar canales de radio a transceptores de radio, según algunas de las realizaciones de la invención;

la FIG. 2A es un diagrama de flujo de un ejemplo de un método para asignar canales de radio a transceptores de radio utilizando una estructura de datos de tabla combinada, en base a una búsqueda ordenada de asignaciones de canales preferentes, según algunas realizaciones de la invención;

40 la FIG. 2B es un diagrama de flujo de un ejemplo de un método para asignar canales de radio a transceptores de radio utilizando una estructura datos de un árbol de clasificación, en base a una búsqueda ordenada de asignaciones de canales preferentes, según algunas realizaciones de la invención;

la FIG. 3A es un gráfico de un ejemplo de asignación de combinaciones de canales de radio para dos puntos de acceso utilizando valores de comunicación inalámbricos, según algunas realizaciones de la invención.

45 la FIG. 3B muestra etapas posteriores del gráfico que se muestra en la FIG 3A, según algunas realizaciones de la invención;

la FIG. 3C muestra etapas posteriores del gráfico que se muestra en la FIG 3B, según algunas realizaciones de la invención;

la FIG. 3D muestra etapas posteriores del gráfico que se muestra en la FIG 3C, según algunas realizaciones de la invención;

50 la FIG. 3E es una tabla de un ejemplo de asignación de combinaciones de canales de radio para dos puntos de acceso utilizando valores de comunicación inalámbricos, según algunas realizaciones de la invención.

la FIG. 3F muestra etapas posteriores de la tabla que se muestra en la FIG 3E, según algunas realizaciones de la invención;

la FIG. 3G muestra etapas posteriores de la tabla que se muestra en la FIG 3F, según algunas realizaciones de la invención;

la FIG. 4, muestra un gráfico de un árbol de un ejemplo de una combinación de un grupo de canales, mostrando etapa a etapa como se descartan ciertas combinaciones, según algunas realizaciones de la invención;

5 la FIG. 5 es una ilustración esquemática de una interfaz de usuario para asignar canales de radio a transceptores de radio, según algunas las realizaciones de la invención;

la FIG. 6A es un gráfico del número de cálculos frente al número de puntos de acceso para distintos números de canales de radio utilizando un método de búsqueda exhaustiva de asignación dinámica de canales, según algunas realizaciones de la invención;

10 la FIG. 6B es un gráfico del número de cálculos frente al número de puntos de acceso para 14 canales de radio y distintos números de valores de retención de combinaciones utilizando un método K-best de asignación dinámica de canales, según algunas realizaciones de la invención;

la FIG. 6C es un gráfico del tiempo de cálculo frente al número de puntos de acceso para distintos números de canales de radio utilizando un método de búsqueda exhaustiva de asignación dinámica de canales, según algunas realizaciones de la invención;

15 la FIG. 6D es un gráfico del tiempo de cálculo frente al número de puntos de acceso para distintos números de canales de radio utilizando un método de algoritmo iterativo de asignación dinámica de canales, según algunas realizaciones de la invención; y

20 la FIG. 6E es un gráfico del tiempo de cálculo frente al número de puntos de acceso para 14 canales de radio y distintos números de valores de retención de combinaciones utilizando un método K-best de asignación dinámica de canales, según algunas realizaciones de la invención.

Descripción detallada

25 En IEEE 802.11 (Wi-Fi™), se utilizan varias bandas sin licencia de transmisión electromagnética de radiofrecuencia entre dispositivos transceptores de radio, tales como bandas de 2,4 gigahertz (GHz), 3,8GHz y 5GHz. Para cada banda, se puede utilizar más de un canal sin solapamiento para incrementar el rendimiento de datos en esa banda, por ejemplo para los canales 1, 6 y 11 de una banda de 2,4GHz. Para aumentar la capacidad del sistema y/o su capacidad de rendimiento, varios puntos de acceso (AP) pueden compartir la misma área pero utilizar canales distintos para minimizar la interferencia entre AP. Como el número de AP suele ser más grande que el número de canales disponibles, se pueden asignar varias AP al mismo canal. Los AP cercanos que operen en el mismo canal pueden interferir entre ellos, por lo que desde un punto de vista de la interferencia es importante aumentar lo más posible la distancia entre los AP que operan en el mismo canal. Como el Wi-Fi utiliza acceso múltiple con detección de señal portadora (CSMA), lo que permite que las estaciones compitan y utilicen el mismo medio, se pueden asignar al mismo canal a aquellos AP que tengan carga baja, por ejemplo a los que tengan pocos clientes. Por lo tanto, la asignación de canales es un problema importante que claramente influye en el rendimiento del sistema.

35 Como se conoce en problemas de optimización combinatoria, encontrar la mejor asignación de canales dentro de un sistema es una tarea compleja que requiere comparar opciones $C^{N_{AP}}$, donde C se refiere al número de canales disponibles y N_{AP} al número de AP en el sistema.

40 Algunas de las implementaciones actuales tienen varias desventajas. Por ejemplo, la complejidad del cálculo de la solución óptima es muy alta para implementarla en tiempo real. La solución óptima es exhaustiva y puede requerir un número enorme de cálculos, lo que resulta en una solución prohibitiva en relación a la cantidad de cálculos. Por ejemplo, cuando hay 20 AP y 5 canales disponibles, la mejor solución se obtiene a partir de un total de $5^{20} \approx 9,5 \cdot 10^{13}$ combinaciones.

45 En otro ejemplo, el tiempo de ejecución de la solución iterativa de asignación de canales de radio es muy largo, y la solución converge con la solución óptima muy lentamente. La solución de agrupación de AP dista mucho de ser óptima ya que puede haber interferencia muy alta entre grupos adyacentes.

Según algunas realizaciones de la presente invención, se proveen métodos y dispositivos informáticos para determinar de forma automática la asignación dinámica de canales (DCA) de forma óptima o casi óptima para dos o más transceptores de radio. Una solución de DCA preferente se obtiene mediante la creación de un orden de clasificación de los transceptores de radio según uno o más valores de comunicación inalámbrica, y se utiliza un valor de una función de orden para clasificar los transceptores de radio, y se calcula de forma iterativa el efecto de las combinaciones de asignación de canales según la lista de clasificación. En cada iteración se puede añadir el cálculo del efecto de las combinaciones de asignación de canales del transceptor de radio siguiente en el orden de clasificación a las combinaciones de canales de transceptores de radio anteriores, se calcula una función de coste de uno o más valores de comunicación inalámbrica para cada combinación, y se descartan las combinaciones de canales con valores altos de la función de coste. De esta manera, los métodos y los dispositivos informáticos, según

algunas realizaciones de la invención, descubren la solución DCA preferente de forma rápida y eficiente, incluso para un gran número de canales y transceptores de radio.

La lista de clasificación y las funciones de coste del efecto calculado parcial y/o final de las combinaciones de asignación de canales se pueden calcular de forma automática en base al valor o a los valores de comunicación inalámbrica asociados con cada transceptor de radio, por ejemplo, la interferencia de los transceptores en la red controlada, la interferencia de los transceptores de otras redes, el ruido de dispositivos de radio y/o de otros dispositivos, la carga en el transceptor de radio y en los transceptores de radio cercanos, la prioridad, utilización, y similares. Por ejemplo, la interferencia entre dos transceptores de radio de la red controlada se puede formar en una matriz de dos dimensiones de valores de interferencia mutua, que se calcula en base a la fuerza de la señal recibida por un transceptor de radio de un segundo transceptor de radio.

Modificando el orden de clasificación y repitiendo el proceso de búsqueda de la combinación preferente permite calcular y combinar soluciones casi óptimas para encontrar una combinación de canales preferente. Por ejemplo, las combinaciones de canales preferentes se combinan mediante una función de modo para cada transceptor de radio, de forma tal que se asigna el más abundante de los canales preferentes de un transceptor de radio particular a ese transceptor de radio. De manera opcional, se elige la mejor combinación de la variedad de combinaciones de canales casi óptimos calculados a partir de varios órdenes de clasificación para la asignación del transceptor de radio.

Los métodos descritos en la presente memoria, según algunas realizaciones de la invención, se pueden referir de forma colectiva como un método K-Best para determinar las asignaciones de canales preferentes para todos los AP.

De manera opcional, se pueden ordenar los transceptores de radio de forma aleatoria. De manera opcional, se pueden ordenar los transceptores de radio en grupos estratificados por los valores de comunicación inalámbrica. De manera opcional, se pueden ordenar los transceptores de radio según una clasificación de los valores de comunicación inalámbrica. De manera opcional, se pueden ordenar los transceptores de radio según una clasificación de los valores de comunicación inalámbrica, cambiando el orden de forma aleatoria intercambiando los transceptores con el vecino más cercano.

De manera opcional, el dispositivo informático de asignación de canales que ejecuta el método K-Best puede ser uno de los puntos de acceso de la red, un controlador de la red, un punto de acceso maestro, un servidor informático conectado a Internet, un servidor virtual, un ordenador, y similares.

De manera opcional, los valores de comunicación inalámbrica son un valor de interferencia entre dos transceptores de radio cualquiera en un canal específico. De manera opcional, los valores de comunicación inalámbrica son un valor de interferencia entre dos transceptores de radio cualquiera en todos los canales. De manera opcional, los valores de comunicación inalámbrica son un valor de interferencia entre dos transceptores de radio cualquiera en cada canal. De manera opcional, los valores de comunicación inalámbrica son un valor de carga promedio de la tasa de transferencia de datos por cada punto de acceso durante un periodo de tiempo. De manera opcional, los valores de comunicación inalámbrica son un valor de prioridad de las prioridades de la red de acceso radio de un terminal cliente. De manera opcional, los valores de comunicación inalámbrica son un valor de interferencia entre cada transceptor de radio que se detecta del equipamiento electrónico sin conexión a la red en los alrededores en uno o más canales. De manera opcional, los valores de comunicación inalámbrica son un valor de energía que corresponde a la energía recibida en el punto de acceso. De manera opcional, los valores de comunicación inalámbrica son un valor de utilización que corresponde a la tasa de utilización de cada punto de acceso. De manera opcional, los valores de comunicación inalámbrica son un valor de interferencia IEEE 802.11 de las redes cercanas y de los dispositivos Wi-Fi.

De manera opcional, las combinaciones de canales para cada punto de acceso se limitan a un subconjunto de todos los canales de radio disponibles debido a la interferencia externa a la red.

Como la ecuación de la función de coste puede combinar múltiples valores de comunicación inalámbrica, el valor de la función de coste se puede calcular utilizando cualquier función matemática de los valores de comunicación inalámbrica. Por ejemplo, se puede utilizar una función exponencial, una función logarítmica, una función de la raíz cuadrática media, y/o similares como parte de la función de coste.

De manera opcional, se descartan las combinaciones de asignaciones de canales de radio cuando el número de miembros en el grupo de combinaciones supera un umbral. Por ejemplo, se descartan todas las combinaciones excepto las 10 combinaciones con los valores más bajos de función de coste. De manera opcional, se descartan las combinaciones de asignaciones de canales de radio en base a una clasificación de la función de coste, y se descarta todo lo que supere un porcentaje umbral. Por ejemplo, se descarta cualquier combinación con un valor de función de coste que supere el 10 por ciento. De manera opcional, el descarte de las combinaciones de asignaciones de canales de radio se realiza por medio de un umbral de un intervalo de confianza estadístico. Por ejemplo, se descarta cualquier combinación con un valor de función de coste que supere el 95% del intervalo de confianza. De manera opcional, el descarte de las combinaciones de asignaciones de canales de radio se realiza por medio de un umbral en base a una varianza estadística. Por ejemplo, la varianza estadística de los valores de la

función de coste se multiplican por un factor de dos y se restan del promedio de los valores de la función de coste, y se descarta cualquier combinación con un valor de la función de coste que supere este umbral. De manera opcional, se descartan las combinaciones de asignaciones de canales de radio por medio de un valor umbral. Por ejemplo, se descarta cualquier combinación con un valor de función de coste que supere 0,5.

- 5 Antes de explicar en detalle al menos una de las realizaciones de la invención, se ha de entender que la invención no está limitada necesariamente en su aplicación a los detalles de la construcción y a la disposición de los componentes y/o métodos que se detallan en la siguiente descripción y/o que se ilustran en los dibujos y/o ejemplos. La invención puede tener otras realizaciones, o se puede realizar o llevar a cabo de varias formas.

- 10 La presente invención puede ser un sistema, un método y/o un producto de un programa de ordenador. El producto de un programa de ordenador puede incluir un medio (o medios) de almacenamiento legible por ordenador que conlleva instrucciones del programa legible por ordenador para hacer que un procesador lleve a cabo aspectos de la presente invención.

- 15 El medio de almacenamiento legible por ordenador puede ser un dispositivo tangible que puede retener y almacenar instrucciones de uso para un dispositivo de ejecución de instrucciones. El medio de almacenamiento legible por ordenador puede ser, por ejemplo y sin limitaciones, un dispositivo de almacenamiento electrónico, un dispositivo de almacenamiento magnético, un dispositivo de almacenamiento óptico, un dispositivo de almacenamiento electromagnético, un dispositivo de almacenamiento semiconductor, o cualquier combinación adecuada de los anteriores. Una lista incompleta de ejemplos más específicos del medio de almacenamiento legible por ordenador incluye lo siguiente: un disquete de ordenador extraíble, un disco duro, una memoria de acceso aleatorio (RAM), una memoria de solo lectura (ROM), una memoria programable y borrrable de solo lectura (EPROM o memoria flash), una memoria estática de acceso aleatorio (SRAM), un disco compacto de memoria de solo lectura (CD-ROM) portátil, un disco versátil digital (DVD), una tarjeta de memoria, un disquete, un dispositivo codificado mecánicamente tales como tarjetas perforadas o estructuras elevadas en un canal con instrucciones grabadas, y cualquier combinación adecuada de los anteriores. Un medio de almacenamiento legible por ordenador, tal como se usa en la presente, se debe entender como señales transitorias por sí mismas, tales como ondas de radio u otras ondas electromagnéticas que se propagan libremente, ondas electromagnéticas que se propagan a través de una guía de ondas u otros medios de transmisión (p. ej., impulsos lumínicos que pasan por un cable de fibra óptica), o señales eléctricas que se transmiten por un cable.
- 20
- 25

- 30 Las instrucciones de un programa legible por ordenador descritas en la presente memoria se pueden descargar al respectivo ordenador/dispositivo de procesamiento desde un medio de almacenamiento legible por ordenador o de un ordenador externo o un dispositivo de almacenamiento externo a través de una red, por ejemplo, Internet, una red de área local, una red de área amplia y/o una red inalámbrica. La red puede comprender cables de transmisión de cobre, fibra óptica, transmisión inalámbrica, enrutadores, cortafuegos, interruptores, ordenadores pasarela y/o servidores periféricos. Una tarjeta adaptador de red o una interfaz de red en cada ordenador/dispositivo de procesamiento recibe las instrucciones de un programa legible por ordenador de la red y las reenvía para que se almacenen en un medio de almacenamiento legible por ordenador dentro del respectivo ordenador/dispositivo de procesamiento.
- 35

- 40 Las instrucciones de un programa legible por ordenador para llevar a cabo operaciones de la presente invención pueden ser instrucciones de ensamblaje, instrucciones de arquitectura del conjunto de instrucciones (ISA), instrucciones de ordenador, instrucciones que dependen de ordenador, microcódigo, instrucciones de firmware, datos para establecer estados, o tanto código fuente como código de objetos escrito en una combinación de uno o más lenguajes de programación, incluso un lenguaje de programación orientado a objetos como Smalltalk, C++ o similares, y los lenguajes convencionales de programación por procedimientos como el lenguaje de programación "C" o lenguajes de programación similares. Las instrucciones de un programa legible por ordenador pueden ejecutarse de forma exclusiva en el ordenador del usuario, parcialmente en el ordenador del usuario, como un paquete de software independiente, parcialmente en el ordenador del usuario y parcialmente en un ordenador remoto o totalmente en el ordenador o servidor remoto. En el último caso, el ordenador remoto puede estar conectado al ordenador del usuario por medio de cualquier tipo de red, incluso una red de área local (LAN) o una red de área amplia (WAN), o se puede realizar la conexión a un ordenador externo (por ejemplo, a través de Internet utilizando un proveedor de servicios de Internet). Algunas realizaciones de la invención pueden incluir circuitos electrónicos, por ejemplo circuitos lógicos programables, disposición de puertos programables de campo (FPGA), o disposiciones lógicas programables (PLA), que pueden ejecutar las instrucciones de un programa legible por ordenador utilizando la información de estado de las instrucciones del programa legible por ordenador para personalizar los circuitos electrónicos, para así poder llevar a cabo aspectos de las presente invención.
- 45
- 50

- 55 Los aspectos de la presente invención se describen en la presente haciendo referencia a las ilustraciones de diagramas de flujo y/o diagramas de bloque de los métodos, aparatos (sistemas), y productos de programas de ordenador según las realizaciones de la invención. Se ha de entender que cada bloque de las ilustraciones de los diagramas de flujo y/o los diagramas de bloque, y las combinaciones de bloques en las ilustraciones de los diagramas de flujo y/o diagramas de bloque se pueden implementar por medio de instrucciones de un programa legible por ordenador.
- 60

Estas instrucciones de un programa legible por ordenador se pueden enviar a un procesador de un ordenador de uso general, un ordenador de uso específico, u otros aparatos de procesamiento de datos programable para producir una máquina tal que las instrucciones, que se ejecutan por medio del procesador del ordenador u otro aparato de procesamiento de datos programable, crean medios para implementar las funciones/actos especificados en el diagrama de flujo y/o diagrama de bloque o bloques. También se podrán almacenar estas instrucciones de un programa legible por ordenador en un medio de almacenamiento legible por ordenador que puede ordenar a un ordenador, un aparato de procesamiento de datos programable, y/o otros dispositivos, a que funcionen de una manera particular, de manera tal que el hecho de que el medio de almacenamiento legible por ordenador tiene instrucciones almacenadas en el mismo comprende un artículo de fabricación única que incluye instrucciones que implementan aspectos de la función o acto especificado en el diagrama de flujo y/o el diagrama de bloque o bloques.

Las instrucciones de un programa legible por ordenador también se pueden cargar a un ordenador u otro aparato de procesamiento de datos programable, o a otro dispositivo que ejecute una serie de etapas operacionales en el ordenador, o a otro aparato de procesamiento de datos programable u otro dispositivo para realizar un proceso implementado por ordenador, de manera tal que las instrucciones que se ejecutan en el ordenador, aparato de procesamiento de datos programable, u otro dispositivo, implementan las funciones o actos especificados en el diagrama de flujo y/o en el diagrama de bloque o bloques.

El diagrama de flujo y los diagramas de bloque en los dibujos ilustran la arquitectura, funcionalidad, y operación de posibles implementaciones de sistemas, métodos y productos de programas de ordenador según varias realizaciones de la presente invención. En este sentido, cada bloque del diagrama de flujo o los diagramas de bloque puede representar un módulo, segmento, o porción de instrucciones, que comprende una o más instrucciones ejecutables para implementar la o las funciones lógicas especificadas. En algunas implementaciones alternativas, las funciones detalladas en el bloque pueden ocurrir en otro orden al descrito en las figuras. Por ejemplo, de hecho, dos bloques sucesivos pueden ejecutarse de manera concurrente, o los bloques pueden ejecutarse a veces en el orden inverso, dependiendo de la funcionalidad en cuestión. Se ha de notar también que cada bloque de los diagramas de bloque y/o de la ilustración del diagrama de flujo, y de las combinaciones de bloques en los diagramas de bloque y/o de la ilustración del diagrama de flujo se puede implementar por medio de sistemas basados en hardware de uso específico que ejecutan las funciones o actos específicos o llevan a cabo combinaciones de hardware de uso específico y las instrucciones de ordenador.

Se hace ahora referencia a la FIG. 1, que es una ilustración esquemática de un sistema y un dispositivo para asignar canales de radio a transceptores de radio, según algunas de las realizaciones de la invención; El sistema 400 para asignar canales de radio a transceptores de radio comprende un dispositivo de asignación de canales computarizado 401, de manera opcional uno o más dispositivos de medición 441 de valores de comunicación inalámbrica, dos o más transceptores de radio, como en 431, 432, y 433, y una red de datos 420 para que estos componentes se puedan comunicar. En esta ilustración de ejemplo, los dos o más transceptores de radio, como en 431, 432, y 433 comparten los recursos de una red de radio 450 y pueden interferir mutuamente 451 con las comunicaciones de radio de cada uno debido a que compiten por estos recursos, tales como la elección de un canal de radio. En este ejemplo, el dispositivo de asignación de canales 401 comprende uno o más procesadores 402 y una o más interfaces tales como 410, 411 y 412. El procesador 402 está configurado para recibir valores de comunicación inalámbrica 403 "automáticamente" de dos o más transceptores de radio a través de una interfaz de transceptor 411 y/o de un dispositivo de medición 441 de valores de comunicación inalámbrica a través de la red de datos 420 y/o una interfaz de valores de comunicación inalámbrica 412. Que un procesador 402 esté configurado para realizar una acción significa que el procesador tiene acceso a almacenamiento de memoria local que contiene las instrucciones del procesador para realizar las acciones descritas. Además el procesador 402 está configurado para utilizar los valores de comunicación inalámbrica para calcular automáticamente un orden de clasificación de los transceptores 404. El procesador 402 también está configurado para utilizar el orden de clasificación y los valores de comunicación inalámbrica para crear automáticamente un árbol de clasificación 405, donde cada rama del árbol representa una combinación de la asignación de canales. El procesador 402 también está configurado para elegir 408 automáticamente la combinación de canales óptima, tal como una rama del árbol de clasificación para los transceptores de radio que minimizan un valor de la función de coste calculado 406, y asignar 409 dichos canales por medio de la interfaz del transceptor 411. De manera opcional, en lugar de crear árboles de clasificación 405, el efecto de las combinaciones de asignación de canales se puede calcular utilizando tablas de datos, una base de datos relacional, y/o similares. De manera opcional, el procesador 402 está configurado para descartar automáticamente combinaciones de asignación de canales 407, tales como las ramas del árbol de clasificación, para optimizar la búsqueda de la combinación de asignación de canales preferente. De manera opcional, la interfaz del transceptor 411 y la interfaz del valor de comunicación inalámbrica 412 son la misma interfaz, tales como una interfaz Ethernet, una interfaz de bus serial universal, una interfaz de red de área local inalámbrica, y similares.

Según algunas realizaciones de la presente invención, se han provisto métodos y sistemas para determinar la asignación dinámica de canales para transceptores de radio conectados a una red en base a un orden de clasificación de los transceptores de radio y al cálculo iterativo de las combinaciones de la asignación de canales. En cada iteración del método basado en el orden de clasificación, se pueden descartar antes de la siguiente iteración siguiente las combinaciones de canal que tienen un valor alto de la función de coste, resultando en un tiempo de cálculo más rápido y asegurando que se encuentre una solución óptima o casi óptima cuando se completa el proceso.

Se hace ahora referencia a la FIG. 2A, que es un diagrama de flujo de un ejemplo de un método para asignar canales de radio a transceptores de radio utilizando una estructura de datos de tabla combinada, en base a una búsqueda ordenada para asignaciones de canales preferentes, según algunas realizaciones de la invención. El procesador 402 recibe automáticamente 101 los valores de comunicación inalámbrica asociados con los transceptores de radio de los dos o más transceptores de radio (431, 432, 433 y similares) a través de la interfaz del transceptor 411 y la red de datos 420 y/o del dispositivo de medición de comunicaciones inalámbricas 441 por medio de una interfaz como en 412 y/o 411. Por ejemplo, cada valor de comunicación inalámbrica corresponde a un transceptor, y representa un valor de la medición de la calidad de la comunicación inalámbrica, las configuraciones, los parámetros, y los objetivos de utilidad. De manera opcional, los valores de comunicación inalámbrica son interacciones entre transceptores que operan en un canal específico, tales como los valores de interferencia de radio mutua. De manera opcional, la interferencia mutua se mide de forma separada para todos los canales. Los valores de comunicación inalámbrica pueden ser mediciones, parámetros, y/o configuraciones de los transceptores de radio, y se pueden recibir de los transceptores de radio, de un dispositivo de control, y/o de otros dispositivos sensores de radiación electromagnética de radiofrecuencia.

El procesador 402 utiliza los valores de comunicación inalámbrica para calcular automáticamente 102 uno o más órdenes de clasificación de transceptores de radio, que a su vez se utilizan para el cálculo iterativo del efecto de múltiples combinaciones de asignaciones de canales de radio para posibles asignaciones de los transceptores de radio.

Para cada iteración, el procesador 402 automáticamente calcula el efecto de la asignación de canales 103 para el transceptor de radio siguiente en el orden de clasificación y añade 104 estas combinaciones a un grupo de las combinaciones anteriores. El procesador 402 automáticamente calcula 105 una función de coste para cada combinación de asignación de canales calculada en el grupo, en base a una fórmula de los valores de comunicación inalámbrica, y se pueden descartar automáticamente 106 una o más combinaciones del grupo en base al valor de la función de coste. Cuando el procesador 402 descarta cualquier combinación de canal con un valor alto de la función de coste, las combinaciones restantes en el grupo se denominan en la presente como las combinaciones sobrevivientes. Esta acción de descarte 106 de parte del procesador 402 limita el método de optimización combinatorial a las combinaciones que tienen alta probabilidad de ser soluciones óptimas y/o casi óptimas. El procesador 402 sigue calculando automáticamente 107 un valor de la función de coste para cada combinación de asignación de canales para los transceptores restantes, hasta que todos los transceptores han sido asignados combinaciones de canales. El procesador 402 elige 108 automáticamente la combinación preferente en base a los respectivos valores de la función de coste calculados para cada combinación final, y luego utiliza la combinación de canal preferente para asignar 109 automáticamente los canales de radio a los transceptores 431, 432, 433, y similares. Por ejemplo, la combinación con el valor más bajo de la función de coste se elige como la combinación preferente para la asignación de canales de transceptores de radio.

De manera opcional, no se descarta ninguna combinación de canal. Por ejemplo, en la primera iteración se retienen todas las combinaciones para la segunda iteración. De manera opcional, se descartan combinaciones de canales según un umbral. Por ejemplo, se descartan las combinaciones con un valor de función de coste que superen un umbral. De manera opcional, se descartan combinaciones de canales según un valor porcentual. Por ejemplo, cada combinación se clasifica según su valor de la función de coste, y se descartan las combinaciones clasificadas que superen cierto umbral. De manera opcional, se descartan combinaciones de canales según un criterio K-Best. Por ejemplo, se retienen las 10 combinaciones de canal con función de coste más baja para calcular los efectos de las combinaciones de asignación de canales. De manera opcional, el criterio para descartar y/o para ordenar la lista de clasificación de las combinaciones de canales se cambian de forma dinámica en cualquier etapa y/o iteración. Por ejemplo, todas las combinaciones de canales cumplen con los criterios para ser descartadas, y las fórmulas de la función de orden de clasificación y/o la función de coste se reemplazan por fórmulas alternativas.

Las fórmulas para calcular el orden de clasificación, la función de coste intermedio y la función de coste final se pueden definir de forma específica para trabajar de forma conjunta de manera que el procesador 402 calcule rápidamente las asignaciones de canales preferentes, según algunas realizaciones de la invención, y cada fórmula puede utilizar diferentes valores de comunicación inalámbrica. Por ejemplo, en cada iteración se asignan posibles combinaciones de canal al transceptor de radio siguiente en el orden de clasificación. Estas nuevas combinaciones de canal se añaden al grupo de combinaciones previas, y una función de coste incremental se añade a la suma de las funciones de coste incrementales de las iteraciones previas.

Se hace ahora referencia a la FIG. 2B, que es un diagrama de flujo de un ejemplo de un método para asignar canales de radio a transceptores de radio utilizando una estructura de datos de un árbol de clasificación, en base a una búsqueda ordenada para asignaciones de canales preferentes, según algunas realizaciones de la invención. El procesador 402 recibe 101 los valores de comunicación inalámbrica asociados con los transceptores de radio de dos o más transceptores de radio (431, 432, 433 y similares) a través de la interfaz del transceptor 411 y la red de datos 420 y/o del dispositivo de medición 441 de comunicaciones inalámbricas por medio de la interfaz 412 y/o 411. Por ejemplo, los valores de comunicación inalámbrica representan valores por transceptor de las mediciones de la calidad de la comunicación inalámbrica, las configuraciones, los parámetros, y los objetivos de utilidad. De manera opcional, los valores de comunicación inalámbrica son interacciones entre transceptores que operan en un canal específico, tal como los valores de interferencia de radio mutua. De manera opcional, se mide la interferencia por

canal para todos los canales. Los valores de comunicación inalámbrica pueden ser mediciones, parámetros, y/o configuraciones de los transceptores de radio, y se pueden recibir de los transceptores de radio, de un dispositivo de control, y/o de otros dispositivos sensores de radio. El procesador 402 utiliza los valores de comunicación inalámbrica para calcular 102 uno o más órdenes de clasificación de los transceptores de radio, que a su vez se utilizan para el cálculo iterativo del efecto de la función de coste de múltiples combinaciones de asignaciones de canales de radio para posibles asignaciones de los transceptores de radio 103.

El procesador 402 crea una estructura de un árbol de clasificación en etapas, en donde cada etapa representa uno de los transceptores de radio. El procesador 402 selecciona el primer transceptor de radio del orden de clasificación, y asigna 113 un canal de radio disponible a este transceptor como una raíz de uno de los árboles 113. El procesador crea un árbol de clasificación para cada canal inalámbrico disponible. Las etapas siguientes se pueden llevar a cabo entonces para cada árbol de clasificación creado.

Para el siguiente transceptor en el orden de clasificación, el procesador 402 añade hojas 114 a cada nodo de un terminal, tales como los nodos finales de las hojas de iteraciones anteriores y calcula 115 en base a una fórmula que utiliza valores de comunicación inalámbrica, un valor incremental de la función de coste asociado con el borde de cada hoja nueva, a la que se denomina en la presente memoria como un valor de un borde. Tal como se usa en la presente, el término nodo de un terminal se refiere a los nodos de una figura de un árbol con valencia uno. En el caso de la primera iteración, así como en la segunda etapa, las hojas se conectan a las raíces creadas en la primera etapa. Cada hoja nueva añade múltiples caminos entre las raíces y cada nodo de terminal nuevo, a los que se denomina en la presente memoria como ramas. Al calcular una suma de los valores de los bordes de cada rama, se puede calcular 116 en esta etapa una función de coste para cada rama, y se pueden descartar 117 una o más ramas del árbol de clasificación en base al valor de la función de coste y a un criterio de descarte. El procesador 402 sigue añadiendo 117 hojas al árbol de clasificación hasta que todos los transceptores hayan sido añadidos, uno para cada etapa. El procesador 402 elige 118 la rama preferente en base a los respectivos valores de la función de coste calculados para cada rama, y luego utiliza las combinaciones de canales preferentes asociadas con los nodos de esa rama para asignar 119 canales de radio a los transceptores 431, 432, 433, y similares. Por ejemplo, la rama con el valor más bajo de la función de coste se elige como la combinación de canales preferente para la asignación de canales de transceptores de radio.

Se puede asociar la asignación de uno o más recursos de radio compartidos a una red de transceptores de radio con varios tipos de infraestructuras de radio. Por ejemplo, en una red celular se comparten los canales de radio entre estaciones base de la red celular. Por ejemplo, en una red de radio de satelital se comparten los canales de radio entre transceptores de radio satelital. Por ejemplo, en una red de área local inalámbrica se comparten los canales de radio entre puntos de acceso. Por ejemplo, en una red de radiodifusión se comparten los canales de radio entre estaciones de radiodifusión. Tal como se usa en la presente, el término puntos de acceso se refiere a un transceptor de radio como parte de una red de transceptores de radio que comparten un recurso de radio común, tales como un punto de acceso WLAN, una estación de radiodifusión, una estación base de una red celular y similares. Los ejemplos descritos en la presente memoria utilizan asignación de canal de un punto de acceso WLAN, pero los métodos y los dispositivos descritos en la presente memoria se pueden aplicar a otras redes de transceptores de radio que comparten recursos de radio.

A continuación se presenta en la presente memoria un ejemplo numérico que define y soluciona la optimización de la DCA (asignación dinámica de canales) para ejemplificar los sistemas, dispositivos y métodos descritos en la presente. En los siguientes ejemplos, la abreviación AP significa punto de acceso. Por ejemplo, uno de los transceptores de radio descritos en la FIG. 1 como 431, 432, 433 y similares puede ser un AP.

Según este ejemplo numérico, un grupo de N AP, donde un procesador 402 asigna un canal f_i de M canales posibles a cada i -ésimo AP, y el canal f_i se solapa con otros canales de radio cercanos. En este ejemplo, los AP están asociados con un valor de interferencia r_{ij} inter-AP, que denota la interferencia electromagnética de radiofrecuencia que experimenta el i -ésimo AP recibida del j -ésimo AP. Los dispositivos AP mismos, o un dispositivo de medición 441 separado, miden la interferencia de radio. El valor r_{ij} denota por ejemplo el presupuesto de enlace entre el i -ésimo AP y el j -ésimo AP. De manera opcional, el valor es el interferencia inversa, una función potencial de la interferencia, una función de la interferencia, la suma de la interferencia de todos los canales, la interferencia de un canal, la interferencia en cada canal entre cada par de AP, la interferencia en el mismo canal y los canales adyacentes entre cada par de AP, y similares. Por ejemplo, los valores de interferencia inter-AP se miden entre todas las combinaciones de pares de AP para formar una matriz (de interferencia mutua) $R_{N \times N}$. Por ejemplo, se asocia cada AP con un valor de carga L_i que denota cuán cargado está cada AP. Por ejemplo, la carga toma cualquier valor entre 1 y 5, donde 1 es un AP con poca carga mientras que 5 es un AP muy cargado. Un posible criterio de optimización para el problema de DCA es:

$$f_1, \dots, f_N = \arg \min_{f_i \in \{1, \dots, M\}} r_{12} \cdot (f_1 = f_2) \cdot L_1 L_2 + r_{13} \cdot (f_1 = f_3) \cdot L_1 L_3 + \dots + r_{1N} \cdot (f_1 = f_N) \cdot L_1 L_N \\ + r_{23} \cdot (f_2 = f_3) \cdot L_2 L_3 + \dots + r_{N-1,N} \cdot (f_{N-1} = f_N) \cdot L_{N-1} L_N$$

donde

$$(f_i = f_j) = \begin{cases} 1, & f_i = f_j \\ 0, & f_i \neq f_j \end{cases}$$

En el caso de canales que se solapan, el coste mencionado arriba se puede modificar para:

$$f_1, \dots, f_N = \underset{f_i \in [1, \dots, M]}{\operatorname{argmin}} r_{12} \cdot \alpha_{12} \cdot (f_1 = f_2) \cdot L_1 L_2 + r_{13} \cdot \alpha_{13} \cdot (f_1 = f_3) \cdot L_1 L_3 + \dots + r_{1N} \cdot \alpha_{1N} \cdot (f_1 = f_N) \cdot L_1 L_N \\ + r_{23} \cdot \alpha_{23} \cdot (f_2 = f_3) \cdot L_2 L_3 + \dots + r_{N-1,N} \cdot \alpha_{N-1,N} \cdot (f_{N-1} = f_N) \cdot L_{N-1} L_N$$

- 5 donde $(f_i = f_j) = \begin{cases} 1, & f_i = f_j \\ 0, & f_i \neq f_j \end{cases}$ y α_{ij} se corresponde con el factor de solapamiento entre el i-ésimo y los j-ésimo AP. Por ejemplo α_{ij} es igual a 1 cuando hay solapamiento total (el mismo canal), igual a 0 no hay ningún solapamiento, y cualquier valor entre 0 y 1 cuando hay solapamiento parcial.

- 10 De manera similar al valor de carga utilizado arriba, el valor de utilización, el valor de prioridad, y/o similares se pueden añadir a la función de coste. Por ejemplo, se asigna un valor de prioridad a cada AP con un valor entre 1 y 10, en donde el valor 1 es un AP de baja prioridad, tal como un almacén, y el valor 10 es un AP de alta prioridad, tales como un vestíbulo o una sala de esperas.

- 15 Los AP externos que no pertenecen ni son controlados por el sistema pueden ocasionar interferencia de radio, y se los puede tener en cuenta como parte de algunas realizaciones del método. Por ejemplo, el valor \tilde{r}_{ij} denota la interferencia que recibe el i-ésimo AP del j-ésimo AP externo. Puede resultar difícil medir la interferencia y la carga de AP externos ya que puede que el sistema no tenga acceso a esta información. En lugar de utilizar el valor de carga por AP, se puede utilizar un único valor de carga para AP externos tales como, por ejemplo, la carga mediana que se mide dentro del sistema controlado, que se denota en la presente como L_d . Un posible criterio de optimización para el problema de la DCA para este caso, para un número P de AP externos y donde \tilde{f}_i denota el canal respectivo al i-ésimo AP externo, puede ser:

$$f_1, \dots, f_N = \underset{f_i \in [1, \dots, M]}{\operatorname{argmin}} r_{12} \cdot (f_1 = f_2) \cdot L_1 L_2 + r_{13} \cdot (f_1 = f_3) \cdot L_1 L_3 + \dots + r_{1N} \cdot (f_1 = f_N) \cdot L_1 L_N \\ + r_{23} \cdot (f_2 = f_3) \cdot L_2 L_3 + \dots + r_{N-1,N} \cdot (f_{N-1} = f_N) \cdot L_{N-1} L_N \\ 20 + \tilde{r}_{11} \cdot (f_1 = \tilde{f}_1) \cdot L_1 L_d + \dots + \tilde{r}_{N,P} \cdot (f_N = \tilde{f}_P) \cdot L_N L_d$$

A continuación se presenta un ejemplo de algunos aspectos de realizaciones para la clasificación por ordenador de la combinación de asignación de canales. Para que un procesador 402 pueda determinar el orden de los AP en los que se ejecuta el método K-Best de etapas iterativas, el procesador 402 puede calcular un orden de clasificación inicial como se describe en la presente memoria.

- 25 Por ejemplo, el procesador 402 utiliza el orden para luego seleccionar el primer AP en el orden de clasificación para calcular el efecto de las combinaciones de asignación de canales, y luego selecciona el segundo AP del orden de clasificación, y similares. Por ejemplo, la fórmula de la función de clasificación se basa en la suma de la interferencia que experimenta cada AP. Para cada i-ésimo AP en el sistema, se calcula el valor:

$$L_i \sum_{j=1}^N r_{ij} L_j + L_i L_d \sum_{j=1}^P \tilde{r}_{ij}$$

- 30 que corresponde a la interferencia total que experimenta el i-ésimo AP de tanto los AP del sistema como de los AP externos. Los AP luego se clasifican según un orden dado por la interferencia total de cada AP, de forma tal que luego se calcula el efecto de las combinaciones de asignación de canales empezando por el AP que tiene la interferencia más alta, luego le sigue en el orden el AP con la segunda interferencia más alta, etc. El valor del

- 35 ejemplo mencionado consiste en dos sumas. La primera suma $L_i \sum_{j=1}^N r_{ij} L_j$ define la interferencia que recibe el i-ésimo AP de todos los otros AP que no son externos como dependiente de la carga del i-ésimo AP y de los otros AP. La

segunda suma $L_i L_d \sum_{j=1}^P \tilde{r}_{ij}$ define la interferencia que recibe el i-ésimo AP de los AP externos como dependiente de la carga del i-ésimo AP y de la carga mediana asumida para los AP externos.

En este ejemplo, se ignoran los valores de carga, de forma tal que todos los valores de carga son igual a 1. En este ejemplo, el procesador 402 realiza el cálculo de la solución de DCA en base a los valores de interferencia entre los

AP. El hecho de tener en cuenta las cargas de los AP y/o de otros valores de comunicación inalámbrica puede resultar en una optimización de DCA más cercana y/o idéntica a la solución óptima.

5 Por ejemplo, un método de clasificación se basa en la suma de cada fila R , la matriz de interferencia entre AP, de modo que se empieza con el AP con el valor máximo que corresponde al AP que recibe la interferencia más grande de los AP vecinos. Obsérvese que los AP con carga alta tienden a interferir más con AP cercanos que operan en el mismo canal, y de manera similar, tienden a recibir más interferencia de AP cercanos.

10 Se hace ahora referencia a la FIG. 4, que muestra un gráfico de un árbol de un ejemplo de una combinación de un grupo de canales, mostrando etapa a etapa como el procesador 402 descarta ciertas combinaciones, según algunas realizaciones de la invención. Con carácter ilustrativo, este ejemplo muestra una representación gráfica de posibles combinaciones de asignación de canales en la forma de un gráfico de un árbol de clasificación que el procesador 402 puede truncar en cualquier momento, lo que representa las combinaciones descartadas. La raíz del árbol es la asignación de un canal para el primer punto de acceso (en este caso, AP1), en la lista de clasificación. En cada etapa del método de ejemplo, el procesador 402 elige el siguiente punto de acceso en la lista de clasificación para todas las combinaciones de asignaciones de los canales disponibles, y luego los añade a cada una de las ramas que sobrevivieron la etapa anterior. Tal como se usa en la presente, el término rama se refiere a cualquier camino a lo largo de los bordes de un árbol desde la raíz a una hoja. Tal como se usa en la presente, el término etapa se refiere a una iteración del método para calcular el efecto de las asignaciones de canales de un punto de acceso. En la primera iteración del método de ejemplo, el procesador 402 asigna AP1 a una asignación de canal simulada CH1 como en 201. En la segunda iteración, el procesador 402 asigna los canales CH1, CH2, CH3 y CH4 a AP2 como en 202. Un procesador 402 de ordenador calcula automáticamente las funciones de coste. Cuando el número de combinaciones está por debajo de un valor de umbral, el procesador 402 mantiene todas las combinaciones para las asignaciones de canal del transceptor siguiente. En la siguiente iteración de las combinaciones de asignación de canales, el procesador 402 asigna AP3 a los 4 mismos canales que en 203, y el procesador 402 vuelve a calcular las funciones de coste para cada combinación. El procesador 402 clasifica los valores de la función de coste de cada combinación, y se descartan las combinaciones con los valores más altos de la función de coste, que se muestran como líneas discontinuas. Luego el procesador 402 combina las combinaciones de canales restantes del grupo con las combinaciones de canales para el AP siguiente de la lista, por ejemplo, AP4 en 204. Para los otros transceptores de radio se repite el proceso de calcular una función de coste para estas combinaciones y se descartan las combinaciones con función de coste alta. Se siguen realizando estas iteraciones como en 205 hasta que todos los transceptores de radio de la red se han añadido a las combinaciones, y luego el procesador 402 elige la combinación con el valor más bajo de la función de coste como la combinación preferente para la asignación de canales.

35 Por ejemplo, un dibujo de un árbol truncado como en la FIG. 4 muestra la estrategia de búsqueda del procesador 402 para la combinación preferente de canales de radio, en la que se representan las combinaciones de canales descartadas por medio de líneas discontinuas, mientras que se representan las combinaciones de canales que se mantienen por medio de líneas gruesas continuas. En cada etapa del método, luego de descartar las combinaciones con valores altos de la función de coste, las combinaciones que permanecen en el grupo de combinaciones para la asignación del transceptor de radio siguiente se limitan como máximo a un número K de ramas: Por ejemplo, solo 4 ramas se preservan para cada etapa, y se descartan todas las otras ramas.

40 Cuando se calcula el valor de la función de coste añadiendo combinaciones de canal nuevas durante cada etapa del método, el impacto de los AP ordenados previamente se representa en la función de coste. Por ejemplo, cuando se reduce el número de canales disponibles, la interferencia mutua entre todos los transceptores de radio aumenta.

45 En el ejemplo del árbol truncado, se utiliza una función de coste incremental. El gráfico del árbol representa las combinaciones de canal en las que cada rama del árbol de la raíz a la hoja representa una combinación de canal, y comprende bordes y nodos. En cada etapa del método se añade otro conjunto de hojas a las ramas existentes, que representan las combinaciones de canales para el AP de dicha etapa. Cada una de las ramas existentes representa las combinaciones sobrevivientes anteriores, y cada una de las hojas nuevas son combinaciones de canal nuevas para el AP siguiente en la lista de clasificación. Se asigna un valor incremental a cada borde, y cada nodo representa una de las combinaciones de canal. Por ejemplo, en cada etapa del método para las combinaciones de canal de cada AP nuevo que se añade al grupo de las combinaciones anteriores, el impacto sobre el funcional de coste parcial depende de las combinaciones previas hasta dicha etapa.

En particular, en la etapa n cuando hay $n-1$ sobrevivientes en cada etapa sobreviviente, la función de coste incremental se denota con c_n de manera que:

$$c_n = r_{1n} \cdot (g_1 == \hat{f}_n) L_1 L_n + r_{2n} \cdot (g_2 == \hat{f}_n) L_2 L_n + \dots + r_{n-1,n} \cdot (g_{n-1} == \hat{f}_n) L_{n-1} L_n$$

55 donde g_i denota el nodo i -ésimo en la rama sobreviviente y f_n denota el nodo examinado en la rama n -ésima.

Donde hay AP externos, la función de coste incremental puede ser:

$$c_n = r_{1,n} \cdot (g_1 = \hat{f}_n) L_1 L_n + r_{2,n} \cdot (g_2 = \hat{f}_n) L_2 L_n + \dots + r_{n-1,n} \cdot (g_{n-1} = \hat{f}_n) L_{n-1} L_n + \tilde{r}_{n,1} \cdot (\tilde{f}_1 = \hat{f}_n) L_d L_n + \dots + \tilde{r}_{n,p} \cdot (\tilde{f}_p = \hat{f}_n) L_d L_n$$

De manera opcional, hay limitación de canales en algunos AP. Por ejemplo, a algunos AP no se les permite operar en ciertos canales mientras que se permite que otros AP operen en todos los canales disponibles. Por ejemplo, en algunas etapas el número de canales disponibles es menor, por lo tanto el número de ramas en el dibujo del árbol truncado es menor que en otras etapas.

5 Cuando se han asignado combinaciones de canales a todos los transceptores de radio, el valor total de la función de coste se calcula como la suma de los costes incrementales c_n de todas las ramas sobrevivientes del árbol truncado. Se elige la rama con el coste total más bajo como la combinación de canales preferente y se la utiliza para asignar los canales seleccionados para cada AP.

10 Por ejemplo, un escenario detallado con 9 AP y 3 canales de radio disponibles se describe en la presente memoria, que incluye el orden de clasificación y el cálculo del coste incremental y agregado para cada nodo. En este ejemplo se denotan los AP con AP1, AP2, AP3 y similares, mientras que se denotan los canales como CH1, CH2, CH3 y similares.

15 En este ejemplo, se descartan combinaciones de canales en cada etapa de modo que se mantienen solo 10 combinaciones para la etapa siguiente. La matriz de interferencia de radio mutua $R_{9 \times 9}$ es:

$$R = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0,0631 & 1 & 0,2512 & 0,0398 & 0,0631 & 0,0398 & 0,0158 \\ 1 & 0 & 1 & 0,2512 & 1 & 0,2512 & 0,0398 & 0,0631 & 0,0398 \\ 0,0631 & 1 & 0 & 0,0398 & 0,2512 & 1 & 0,0158 & 0,0398 & 0,0631 \\ 1 & 0,2512 & 0,0398 & 0 & 1 & 0,0631 & 1 & 0,2512 & 0,0398 \\ 0,2512 & 1 & 0,2512 & 1 & 0 & 1 & 0,2512 & 1 & 0,2512 \\ 0,0398 & 0,2512 & 1 & 0,0631 & 1 & 0 & 0,0398 & 0,2512 & 1 \\ 0,0631 & 0,0398 & 0,0158 & 1 & 0,2512 & 0,0398 & 0 & 1 & 0,0631 \\ 0,0398 & 0,0631 & 0,0398 & 0,2512 & 1 & 0,2512 & 1 & 0 & 1 \\ 0,0158 & 0,0398 & 0,0631 & 0,0398 & 0,2512 & 1 & 0,0631 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

Por ejemplo, AP1 ve AP2 con un valor de interferencia 1 y viceversa, AP1 ve AP3 con un valor de interferencia 0,0631, y similares. La matriz de interferencia externa puede ser:

$$R^{\text{externo}} = \begin{bmatrix} 1,5849 \cdot 10^{-13} & 1,5849 \cdot 10^{-13} & 1,5849 \cdot 10^{-13} \\ 1,5849 \cdot 10^{-13} & 1,5849 \cdot 10^{-13} & 1,5849 \cdot 10^{-13} \\ 1,5849 \cdot 10^{-13} & 1,5849 \cdot 10^{-13} & 1,5849 \cdot 10^{-13} \\ 1,5849 \cdot 10^{-13} & 1,5849 \cdot 10^{-13} & 1,5849 \cdot 10^{-13} \\ 1,5849 \cdot 10^{-13} & 1,5849 \cdot 10^{-13} & 1,5849 \cdot 10^{-13} \\ 1,5849 \cdot 10^{-13} & 1,5849 \cdot 10^{-13} & 1,5849 \cdot 10^{-13} \\ 1,5849 \cdot 10^{-13} & 1,5849 \cdot 10^{-13} & 1,5849 \cdot 10^{-13} \\ 1,5849 \cdot 10^{-13} & 1,5849 \cdot 10^{-13} & 1,5849 \cdot 10^{-13} \\ 1,5849 \cdot 10^{-13} & 1,5849 \cdot 10^{-13} & 1,5849 \cdot 10^{-13} \end{bmatrix}$$

20 que en este ejemplo representa que los 9 AP de la red ven 3 AP externos, y que cada AP de la red recibe la misma interferencia de los AP externos. El vector de carga es:

$$\text{Carga} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix}$$

que en este ejemplo corresponde a las cargas que son iguales para todos los AP, y la carga mediana es $L_d = 1$.

En este ejemplo se calcula un orden de clasificación mediante la ecuación:

$$L_i \sum_{j=1}^9 r_{ij} L_j + L_i L_d \sum_{j=1}^3 \tilde{r}_{ij} = \begin{bmatrix} 2,4729 \\ 3,6451 \\ 2,4729 \\ 3,6451 \\ 5,0048 \\ 3,6451 \\ 3,4098 \\ 3,6451 \\ 2,4729 \end{bmatrix}$$

- 5 que produce un orden de clasificación de los AP, $\text{orden} = [5 \ 2 \ 4 \ 6 \ 8 \ 7 \ 1 \ 3 \ 9]$. Dicho de otra manera, primero se asigna una combinación de canal al AP5, luego al segundo AP2, y similares.

Se hace ahora referencia a la FIG. 3A, que es un gráfico de un ejemplo de asignación de combinaciones de canales de radio para dos puntos de acceso utilizando valores de comunicación inalámbricos, según algunas realizaciones de la invención.

- 10 Se genera un árbol de clasificación para cada canal inalámbrico disponible. Se forma la raíz por medio del canal inalámbrico correspondiente. Se asume que $K=10$.

En este ejemplo, en la primera etapa se consideran los 3 canales para AP5 como en 301. Como esta es la primera etapa, todavía no hay coste asociado y se considera a las tres combinaciones como las combinaciones previas. En la segunda etapa 302, se consideran los 3 canales como hojas de los nodos de los canales de la primera etapa, esta vez para AP2. Se puede asociar un coste para cada hoja. Por ejemplo, el coste asociado con asignar CH1 a AP5 y CH2 a AP2 es 0, ya que no hay interferencia entre ambos. El coste asociado con asignar CH2 a AP5 y CH2 a AP2 es 1, ya que se utiliza el mismo canal para ambos y el valor de la ubicación (5,2) en la matriz $R_{9 \times 9}$ es 1. En esta etapa del ejemplo, el número de ramas es menor a 10, no se descartan combinaciones, y se considera a las 9 ramas como combinaciones previas de la etapa siguiente.

- 20 Se hace ahora referencia a la FIG. 3B, que es una etapa posterior del gráfico que se muestra en la FIG 3A. Se hace ahora referencia a la FIG. 3C, que muestra etapas posteriores del gráfico que se muestra en la FIG 3B. Se hace ahora referencia a la FIG. 3D, que muestra etapas posteriores del gráfico que se muestra en la FIG 3C. En esta segunda etapa del ejemplo se considera a los 3 canales como hojas nuevas para todas las ramas sobrevivientes, que en este ejemplo son las 9 ramas como en 302. Por lo tanto, para AP4 tenemos 27 hojas nuevas como en 303, 304, y 305. Para todas las ramas nuevas se calcula el coste general como los costes de la etapa anterior y el coste de las hojas nuevas.

- 25 Por ejemplo, el coste asociado con asignar CH1 a AP5, CH2 a AP2 y CH2 a AP4 es 0,2512, que se denota como la rama 1-2-2, ya que se utiliza el mismo canal para AP2 y AP4, y el valor en la ubicación (2,4) de la matriz $R_{9 \times 9}$ es 0.2512. Como se utilizan canales distintos para AP4 y AP5, la interferencia entre ambos es 0, por lo que no se añaden más costes. El coste general para esta rama luego de la etapa 3 es por tanto 0 para la etapa 1 a la etapa 2, y +0,2512 para la etapa 2 a la etapa 3, por lo que el valor de la función de coste de la rama es 0,2512.
- 30

El coste asociado con asignar CH2 a AP5, CH2 a AP2 y CH2 a AP4 es 1,2512, que se denota como la rama 2-2-2, ya que se utiliza el mismo canal para los tres AP, la entrada en la ubicación (2,4) de la matriz $R_{9 \times 9}$ es 0,2512 y la entrada en la ubicación (5,4) de la matriz $R_{9 \times 9}$ es 1, por lo que el coste incremental es $1+0,2512=1,2512$. El coste general para esta rama luego de la etapa 3 es por tanto 1 para la etapa 1 a la etapa 2, y +1,2512 para la etapa 2 a la etapa 3, por lo que el total de la rama es 2,2512.

Para este ejemplo se asigna una carga de 1 para cada AP. De manera opcional, se pueden asociar cargas diferentes con los puntos de acceso a tener en cuenta cuando se calcula el orden de clasificación inicial y las funciones de coste.

En este ejemplo, el número de ramas es mayor que $K = 10$, y se truncan las ramas a un máximo de 10 ramas sobrevivientes, que representan las combinaciones con el coste general más bajo. En las figuras, las ramas sobrevivientes se muestran con líneas continuas mientras que las ramas descartadas se muestran con líneas discontinuas en las figuras.

El ejemplo siguiente es similar al ejemplo anterior de combinaciones de asignación de canales, pero utiliza una estructura de tabla de datos en lugar de una estructura de datos de un árbol de clasificación.

Se hace ahora referencia a la FIG. 3E, que es una tabla de un ejemplo de asignación de combinaciones de canales de radio para dos puntos de acceso utilizando valores de comunicación inalámbricos, según algunas realizaciones de la invención. El ejemplo se muestra en formato tabulado como en 310, donde se muestran las combinaciones de AP5 y AP2 en cada fila de la tabla. De manera similar, la combinación de asignar CH1 a AP5 y CH1 a AP2 tiene un coste incremental de 1 como en 311, y no se descarta. De manera similar, se muestran las otras combinaciones en las filas de la tabla 310.

Se hace ahora referencia a la FIG. 3F, que muestra etapas posteriores de la tabla que se muestra en la FIG 3E, según algunas realizaciones de la invención. Este ejemplo muestra las combinaciones de canales en formato tabulado 320 para la etapa 3, donde se muestran las combinaciones para cada fila de la tabla. Por ejemplo, la combinación 3221 asigna CH2 a AP5, CH2 a AP2, y CH1 a AP4. El coste de esta combinación es 1 para la etapa 1 a la etapa 2, y 0 para la etapa 2 a la etapa 3. Por lo tanto, el valor total de la función de coste para la combinación 3221 es 1. La última columna de la tabla 320 muestra la decisión de mantener o descartar cada combinación de canal según un intervalo de confianza de 95%, donde se descartan las combinaciones con valores totales de la función de coste por encima de 0,273.

Se hace ahora referencia a la FIG. 3G, que muestra etapas posteriores de la tabla que se muestra en la FIG 3F, según algunas realizaciones de la invención. Este ejemplo muestra las combinaciones de canales en formato tabulado 320 para la etapa 4, donde se muestran las combinaciones para cada fila de la tabla. En esta etapa se añaden combinaciones de canal para AP6 a las combinaciones de canal sobrevivientes de la etapa 3. Por ejemplo, la combinación 32111 asigna CH2 a AP5, CH1 a AP2, CH1 a AP4, y CH1 a AP6. El coste de esta combinación es 0 para la etapa 1 a la etapa 2, 0,2512 para la etapa 2 a la etapa 3, y 0,3143 para la etapa 3 a la etapa 4. Por lo tanto, el valor total de la función de coste para la combinación 32111 es 0,5655. La última columna de la tabla 320 muestra la decisión de mantener o descartar cada combinación de canal según un intervalo de confianza de 95%, donde se descartan las combinaciones con valores totales de la función de coste por encima de 0,148.

En este ejemplo se repiten etapas posteriores hasta que se han asignado combinaciones de canales a todos los AP. Cuando se completan las etapas, se elige la rama que produce el coste total más bajo como la combinación de canales de radio preferente, y se asigna esta combinación de canales a los respectivos transceptores de radio.

De manera opcional, un solo dispositivo, tal como un controlador de AP, se encarga de ejecutar los métodos descritos en la presente memoria. Un controlador de AP puede ser un dispositivo conectado a todos los AP que es capaz de comunicarse con los AP. De manera opcional, uno de los AP de la red realiza los cálculos para todos los AP, como puede ser un AP maestro. De manera opcional, un dispositivo en una ubicación remota conectado a Internet se encarga de realizar los cálculos de los ejemplos.

Como las asignaciones de canales que resultan del método K-best dependen de la etapa de clasificación, varios métodos de clasificación pueden determinar asignaciones de canales con mejor rendimiento general de la red. Cuando se utilizan clasificaciones múltiples, la fase de clasificación se repite varias veces con variaciones del orden calculado, y se ejecuta el método K-best para cada clasificación modificada. Un ejemplo de dichas modificaciones es la adición de valores aleatorios a los valores de clasificación, o la variación de los valores de clasificación de forma aleatoria. Luego de calcular las combinaciones de asignación de canales para todos los órdenes de clasificación modificados, se selecciona la combinación asociada al coste mínimo. Por ejemplo, utilizar el método varias veces resulta en tiempos de ejecución viables y asegura que se encuentre una combinación cercana a lo óptimo. De manera opcional, se elige la mediana de las combinaciones de asignación de canales preferentes para la asignación de canales de transceptores de radio. De manera opcional, cuando la varianza de las combinaciones de canales es grande, se puede reducir el número de canales descartados. De manera opcional, se descartan las combinaciones con valores atípicos de las múltiples combinaciones preferentes. Por ejemplo, si se calculasen combinaciones preferentes para 10 listas de clasificación, y dos de dichas listas de clasificación tuviesen combinaciones de

asignación de canales marcadamente diferentes, se descartarían estas combinaciones diferentes y se utilizaría el promedio de combinaciones de asignación de canales para asignar canales a los transceptores de radio.

Los métodos descritos en la presente memoria proveen tiempos de ejecución razonables para la asignación de canales óptima y/o casi óptima, del orden de los milisegundos para los escenarios de asignación típicos.

- 5 De manera opcional, los métodos descritos en la presente memoria no necesitan conocer la ubicación de los AP, y solo necesitan los valores de comunicación inalámbrica entre los AP.

El número de cálculos necesarios para determinar la asignación de canales preferente utilizando el método K-Best de DCA es mucho menor que el número de cálculos de una búsqueda exhaustiva que calcula la función de coste para todas las combinaciones posibles.

- 10 Se hace ahora referencia a la FIG. 6A, que es un gráfico del número de cálculos frente al número de puntos de acceso 14 para distintos números de canales de radio utilizando un método de búsqueda exhaustiva de asignación dinámica de canales. En la figura se muestra el número de cálculos necesarios como una función del número de AP, para varios números de canales disponibles. Como se muestra, el número de cálculos para 20 o más AP excede los 10 mil millones de cálculos.

- 15 Se hace ahora referencia a la FIG. 6B, que es un gráfico del número de cálculos frente al número de puntos de acceso para canales de radio y distintos números de valores de retención de combinaciones utilizando un método K-Best de asignación dinámica de canales, según algunas realizaciones de la invención. Como se muestra, el número de cálculos para 60 AP o más no excede los 30 millones, que es menos que 10 mil millones para 20 AP utilizando el método de búsqueda exhaustiva, por lo que la complejidad es menor que la de la solución de búsqueda exhaustiva.
20 Por ejemplo, utilizar el método de búsqueda exhaustiva con 60 AP y 14 canales requiere del orden de 10^{70} cálculos, en comparación con 10^7 utilizando un método K-Best.

Para evaluar las ventajas en más detalle se compara el tiempo necesario para completar la asignación utilizando los distintos métodos.

- 25 Se hace ahora referencia a la FIG. 6C, que es un gráfico del tiempo de cálculo frente al número de puntos de acceso para distintos números de canales de radio utilizando un método de búsqueda exhaustiva de asignación dinámica de canales. La figura muestra que el tiempo necesario para calcular la asignación de canales óptima resulta prohibitivo, incluso utilizando un número de AP y/o canales pequeño, por ejemplo, asignar 8 canales para 15 AP requiere unas 3 horas.

- 30 Se hace ahora referencia a la FIG. 6D, que es un gráfico del tiempo de cálculo frente al número de puntos de acceso para distintos números de canales de radio utilizando un método de algoritmo iterativo de asignación dinámica de canales, según algunas realizaciones de la invención. Como se muestra, el tiempo necesario es muy pequeño, menos de 20 segundos incluso para un número grande de canales disponibles. Sin embargo, el método iterativo no siempre produce la solución óptima.

- 35 Se hace ahora referencia a la FIG. 6E, que es un gráfico del tiempo de cálculo frente al número de puntos de acceso para 14 canales de radio y distintos números de valores de retención de combinaciones utilizando un método K-best de asignación dinámica de canales, según algunas realizaciones de la invención; Como se muestra, el tiempo necesario es muy pequeño, menos de 3 segundos incluso para un número grande de combinaciones mantenidas.

- 40 Los valores de comunicación inalámbrica utilizados para la lista de clasificación de asignación de canales para AP y para el cálculo de los valores de la función de coste se pueden seleccionar de un número de valores asociados con la red inalámbrica y/o con los transceptores de radio. Por ejemplo, las interferencias mutuas entre los AP de la red se utilizan como valores de comunicación inalámbrica. Por ejemplo, la interferencia entre los AP de la red y los AP externos de otras redes se pueden utilizar como valores de comunicación inalámbrica. Por ejemplo, el ruido de interferencia entre los AP de la red y otros dispositivos electrónicos y/o de radio se pueden utilizar como valores de comunicación inalámbrica. Por ejemplo, la fuerza de las señales entre los AP de la red se utilizan como valores de comunicación inalámbrica. Por ejemplo, los picos y/o promedios de carga de cada AP se utilizan como valores de comunicación inalámbrica. Por ejemplo, la prioridad de cada AP se utiliza como un valor de comunicación inalámbrica.
45

De manera opcional, se limitan los canales en cada punto acceso a los canales que evitan las fuentes de ruido.

- 50 De manera opcional, la asignación dinámica de canales (DCA) se utiliza en redes de malla inalámbricas. Tal como se usa en la presente, el término red de malla inalámbrica se refiere a una red de comunicaciones compuesta de nodos de transceptores de radio organizados en una topología mallada multipunto a multipunto y que consiste en clientes, enrutadores y puertas de acceso. Los clientes de la red de malla pueden ser ordenadores portátiles, teléfonos móviles y otros dispositivos inalámbricos de radio. Los enrutadores de las redes de malla reenvían tráfico hacia y desde las puertas de acceso que pueden estar conectadas a Internet. Los clientes comparten los recursos de radio para reenviarse tráfico de la red entre ellos y/o las puertas de acceso se benefician de utilizar los métodos k-best descritos en la presente memoria.
55

- Se hace ahora referencia a la FIG. 5, que es una ilustración esquemática de una interfaz de usuario para asignar canales de radio a transceptores de radio, según algunas de las realizaciones de la invención. La interfaz de usuario puede contener una región de un menú de comando como en 501. La interfaz de usuario puede contener una región de un icono de comando como en 502. La interfaz de usuario puede contener una región de un orden de clasificación actual de canales como en 503. La interfaz de usuario puede contener una región de información y mensajes como en 504. La interfaz de usuario puede contener una región de una opción de función de coste y orden de clasificación como en 505. La interfaz de usuario puede contener una región de una barra de herramientas definida por el usuario y selección de vista rápida como en 506.
- De manera opcional, se puede implementar la interfaz de usuario utilizando una interfaz de red.
- De manera opcional, se puede implementar la interfaz de usuario utilizando una selección discreta de una disposición de interruptores electrónicos, tales como los interruptores DIP.
- De manera opcional, se puede implementar la interfaz de usuario utilizando una selección discreta de una disposición de interruptores electrónicos, tales como los interruptores paquete en línea dual.
- De manera opcional, se puede implementar la interfaz de usuario utilizando una pantalla de visualización, un teclado y/o un ratón.
- El diagrama de flujo y los diagramas de bloque en los dibujos ilustran la arquitectura, funcionalidad, y operación de posibles implementaciones de sistemas, métodos y productos de programas de ordenador según varias realizaciones de la presente invención. En este sentido, cada bloque del diagrama de flujo o los diagramas de bloque pueden representar un módulo, segmento, o porción de código, que comprende una o más instrucciones ejecutables para implementar la o las funciones lógicas especificadas. Obsérvese que en algunas implementaciones alternativas, las funciones detalladas en el bloque pueden ocurrir en otro orden al descrito en las figuras. Por ejemplo, de hecho, dos bloques sucesivos pueden ejecutarse de manera concurrente, o los bloques pueden ejecutarse a veces en el orden inverso, dependiendo de la funcionalidad relacionada. Se ha de notar también que cada bloque de los diagramas de bloque y/o de la ilustración del diagrama de flujo, y de las combinaciones de bloques en los diagramas de bloque y/o de la ilustración del diagrama de flujo se puede implementar por medio de sistemas basados en hardware de uso específico que ejecutan las funciones o actos específicos o combinaciones de hardware de uso específico y las instrucciones de ordenador.
- Las descripciones de las diferentes realizaciones de la presente invención se han presentado a efectos ilustrativos, y no pretenden ser exhaustivas o limitativas a las realizaciones descritas. Será evidente para aquellos con experiencia ordinaria en la técnica que se pueden realizar numerosas modificaciones y variaciones sin alejarse del alcance de la invención según se define en las reivindicaciones anejas.
- La terminología utilizada en la presente memoria se eligió con el fin de explicar de la mejor manera posible los principios de las realizaciones, la aplicación práctica o las mejores técnicas respecto de las tecnologías disponibles en el mercado, o para ayudar a aquellos con experiencia ordinaria en la técnica a entender las realizaciones descritas en la presente.
- Se espera que durante el plazo de la patente desde el momento de esta aplicación se puedan desarrollar muchos transceptores de radio relevantes, y el alcance del término transceptor de radio está concebido para incluir todas dichas nuevas tecnologías a priori.
- Se espera que durante el plazo de la patente desde el momento de esta aplicación se puedan desarrollar muchas redes de radio relevantes, y el alcance del término red de radio está concebido para incluir todas dichas nuevas tecnologías a priori.
- Tal como se usa en la presente, el término "cerca de" se refiere a $\pm 10\%$.
- Los términos "comprende", "constituido por", "incluso", "que incluye", "que tiene" y sus conjugaciones se refieren a "que incluye pero no están limitadas a". Este término abarca los términos "consiste en" y "consiste esencialmente en".
- Tal como se usa en la presente, la forma singular "un/una", y "el/la" incluyen las referencias plurales a menos que el contexto claramente exprese lo contrario.
- La palabra "ejemplar" se utiliza en la presente memoria para referirse a "sirve como ejemplo, instancia o ilustración". Cualquier realización descrita es "ejemplar" y no debe interpretarse necesariamente como preferente o ventajosa respecto de otras realizaciones ni tampoco debe excluir la incorporación de características de otras realizaciones.
- Las palabras "de manera opcional" se refieren en la presente memoria a "se provee en algunas realizaciones y no en otras realizaciones". Cualquier realización particular de la invención puede incluir una pluralidad de características "opcionales" a menos que dichas características entren en conflicto.

5 A lo largo de esta solicitud se pueden presentar varias realizaciones de la invención en un formato de alcances. Se ha de entender que la descripción en un formato de alcances es solo por cuestión de conveniencia y brevedad, y no debe entenderse como una limitación inflexible sobre el alcance de la invención. Por consiguiente, se debe considerar que la descripción de un alcance describe de forma específica todos los posibles alcances dentro de dicho alcance así como los valores numéricos individuales dentro de dicho alcance. Por ejemplo, se debe considerar que la descripción de un alcance como puede ser de 1 a 6 describe de forma específica los alcances dentro de dicho alcance tales como 1 a 3, 1 a 4, 1 a 5, 2 a 4, 2 a 6, 3 a 6, etc., así como los números individuales dentro de dicho alcance, por ejemplo, 1, 2, 3, 4, 5, y 6. Esto se aplica indistintamente de la amplitud del alcance.

10 Siempre que se indica un alcance numérico en la presente memoria, está concebido para incluir cualquier numeral citado (fracción o número entero) dentro de dicho alcance. Las frases "con un alcance/alcances entre" un primer número indicado y un segundo número indicado y "con un alcance/alcances desde" un primer número indicado "a" un segundo número indicado se utilizan en la presente memoria de forma intercambiable y están concebidas para incluir el primer y el segundo número que se han indicado, y todas las fracciones y números enteros entre ellos.

15 Se aprecia que ciertas características de la invención, que por cuestiones de claridad se describen en el contexto de realizaciones separadas, también se pueden proveer combinadas en una misma realización. En cambio, varias características de la invención, que por cuestiones de claridad se describen en el contexto de una misma realización, se podrán proveer por separado o en cualquier combinación adecuada o según sea adecuado en cualquier otra realización de la invención descrita. Algunas características descritas en el contexto de varias realizaciones no se deben considerar como características esenciales de dichas realizaciones, a menos que la realización no pueda
20 operar sin dichos elementos.

A pesar de que la invención se ha descrito en conjunción con las realizaciones específicas de la misma, es evidente que hay muchas alternativas, modificaciones y variaciones que serán evidentes para los expertos en la técnica. Por consiguiente, la invención está concebida para incluir todas dichas alternativas, modificaciones y variaciones que se encuentren dentro del ámbito de protección de las reivindicaciones anejas.

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo (401) para asignar canales de radio a dispositivos transceptores de radio (431), que comprende:
una interfaz (412) configurada para recibir una pluralidad de valores de comunicación de radio, donde cada valor de comunicación de radio está asociado con al menos una pluralidad de dispositivos transceptores de radio (431);
- 5 un procesador (402) configurado para:
calcular (404) un orden de clasificación de una pluralidad de dispositivos transceptores de radio en base a dicha pluralidad de valores de comunicación de radio;
construir (405), según dicho orden de clasificación, al menos un árbol de clasificación con una raíz y una pluralidad de etapas del árbol, donde cada una de dichas pluralidades representa uno de los dispositivos de dicha pluralidad de dispositivos transceptores de radio (431) elegidos según dicho orden de clasificación, donde dicha raíz representa una asignación de un canal de una pluralidad de canales de radio disponibles a un primer dispositivo transceptor de radio (431) según dicho orden de clasificación, donde cada nodo en una etapa de dicha pluralidad de etapas del árbol representa una asignación de un canal de dicha pluralidad de canales de radio disponibles a un dispositivo de la pluralidad de dispositivos transceptores de radio (431) representado por una etapa correspondiente de dicha pluralidad de etapas del árbol, y cada borde está asociado a un valor del borde que es igual al valor incremental de la función de coste calculado a partir de dicha pluralidad de valores de comunicación de radio;
- 10
15 seleccionar (408) una rama de dicho árbol de clasificación según un valor final de una función de coste que se calcula a partir de los valores de dicho borde de dicha rama, en donde dicha rama comprende todos los nodos y los bordes de un camino que va de dicha raíz a la hoja de dicha rama, y en donde dicha rama define una selección de un canal de dicha pluralidad de canales de radio disponibles para cada uno de los transceptores de dicha pluralidad de dispositivos transceptores de radio (431); y
- 20 asignar (409) dicha pluralidad de canales de radio disponibles a dicha pluralidad de dispositivos transceptores de radio (431) según dicha rama seleccionada.
- 25 2. El dispositivo (401) de la reivindicación 1, en el que dicha interfaz (412) está configurada para recibir una pluralidad de valores de comunicación de radio, y la pluralidad de valores de comunicación de radio es cualquiera de los de la lista de un ruido electrónico de interferencia, un ruido gaussiano de una radiofrecuencia de radiación electromagnética, un ruido blanco de una radiofrecuencia de radiación electromagnética, una interferencia de un transceptor de radio, una interferencia mutua con un transceptor de radio, una interferencia con un transceptor de radio desconectado de la red al que no se puede asignar un canal, una carga de un transceptor de radio, una prioridad de un transceptor, la utilización de un transceptor de radio, la energía de transmisión de un transceptor de radio, la energía de recepción de un transceptor de radio.
- 30 3. El dispositivo (401) de la reivindicación 1, en el que dicha interfaz (412) está configurada para recibir una pluralidad de valores de interferencia mutua de transceptores de radio, y cada uno de los valores de dicha pluralidad de valores de interferencia mutua de transceptores de radio se mide por medio de un dispositivo de la pluralidad de dispositivos transceptores de radio (431) en base a la fuerza de una señal de radio transmitida por un segundo dispositivo de dicha pluralidad de dispositivos transceptores de radio (432).
- 35 4. El dispositivo (401) de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que se puede configurar dicho procesador (402) para calcular dicho valor incremental de la función de coste para un borde dado del árbol de clasificación en base a todas las asignaciones de los canales inalámbricos para los dispositivos transceptores de radio en un camino que va desde la raíz del árbol a lo largo de dicho borde dado hasta llegar a un nodo al final de dicho borde y de dicho camino.
- 40 5. El dispositivo (401) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que dicho procesador (402) está configurado para calcular dicha función de coste final que comprende la suma de los valores de dicho borde a lo largo de dicha rama seleccionada.
- 45 6. El dispositivo (401) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que dicho procesador (402) está configurado para calcular (404) dicho orden de clasificación en base a un valor de la función de orden de clasificación que se calcula utilizando al menos uno de los valores de dicha pluralidad de valores de comunicaciones de radio para cada dispositivo de dicha pluralidad de dispositivos transceptores de radio, y a una clasificación de dicho valor de la función de orden de clasificación.
- 50 7. El dispositivo (401) según la reivindicación 6, en el que el procesador (402) está configurado para modificar dicho orden de clasificación mediante al menos una reorganización de dicho orden.
8. El dispositivo (401) según las reivindicaciones 6 o 7, en el que el procesador (402) está configurado para estratificar dicho orden seleccionado en grupos y para reorganizar dicho orden de forma aleatoria para cada grupo estratificado.

9. El dispositivo (401) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en el que dicho procesador (402) está configurado para eliminar (407) al menos una rama incompleta durante la creación (405) de dicho árbol de clasificación, en base a una función de coste intermedio que comprende una suma de dichos valores del borde a lo largo de dicha rama incompleta.
- 5 10. El dispositivo (401) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en el que dicho procesador (402) también está configurado para eliminar (407) al menos una rama incompleta durante la creación (405) de dicho árbol de clasificación hasta obtener un número deseado de ramas sobrevivientes de dicho árbol de clasificación.
11. El dispositivo (401) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, en el que dicho procesador (402) también está configurado para eliminar (407) al menos una rama incompleta durante la creación (405) de dicho árbol de clasificación en base a una clasificación estadística de dicha suma intermedia y del valor de umbral estadístico.
- 10 12. El dispositivo (401) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, en el que dicho procesador (402) está configurado para repetir las operaciones de cálculo (404), creación (405), y selección (408) una pluralidad de veces con diferentes variaciones de dicho orden de clasificación, y para asignar (409) dicha pluralidad de canales de radio disponibles a dicha pluralidad de dispositivos transceptores de radio según una combinación de canales preferentes que resulta de dicha pluralidad de veces.
- 15 13. El dispositivo (401) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, en el que dicho procesador (402) está configurado para crear un árbol de clasificación para cada canal de radio disponible asignado al primer dispositivo transceptor de radio según dicha clasificación.
14. Un método para asignar los canales de radio disponibles a los dispositivos transceptores de radio (431) conectados a una red de radio (450), que comprende:
- 20 recibir una pluralidad de valores de comunicación de radio, y que cada valor de comunicación de radio esté asociado con al menos una pluralidad de dispositivos transceptores de radio (431);
- calcular un orden de clasificación de dicha pluralidad de dispositivos transceptores de radio (431) en base a dicha pluralidad de valores de comunicación de radio;
- 25 construir, según dicho orden de clasificación, al menos un árbol de clasificación con una raíz y una pluralidad de etapas del árbol, donde cada una de dichas pluralidades representa uno de los dispositivos de dicha pluralidad de dispositivos transceptores de radio (431) elegidos según dicho orden de clasificación, donde dicha raíz representa una asignación de un canal de una pluralidad de canales de radio disponibles a un primer dispositivo transceptor de radio (431) según dicho orden de clasificación, donde cada nodo en una etapa de dicha pluralidad de etapas del árbol representa una asignación de un canal de dicha pluralidad de canales de radio disponibles a un dispositivo de
- 30 la pluralidad de dispositivos transceptores de radio (431), y cada borde está asociado a un valor del borde que es igual al valor incremental de la función de coste calculado a partir de dicha pluralidad de valores de comunicación de radio;
- 35 seleccionar una rama de dicho árbol de clasificación según un valor final de una función de coste que se calcula a partir de los valores de dicho borde de dicha rama, en donde dicha rama comprende todos los nodos y los bordes de un camino que va de dicha raíz a la hoja de dicha rama, y en donde dicha rama define una selección de un canal de dicha pluralidad de canales de radio disponibles para cada uno de los transceptores de dicha pluralidad de dispositivos transceptores de radio (431); y
- 40 asignar dicha pluralidad de canales de radio disponibles a dicha pluralidad de dispositivos transceptores de radio (431) según dicha rama seleccionada.
15. Un programa de ordenador que comprende un código de un programa para ejecutar un método según la reivindicación 14, en el que dicho programa de ordenador se ejecuta en un ordenador.

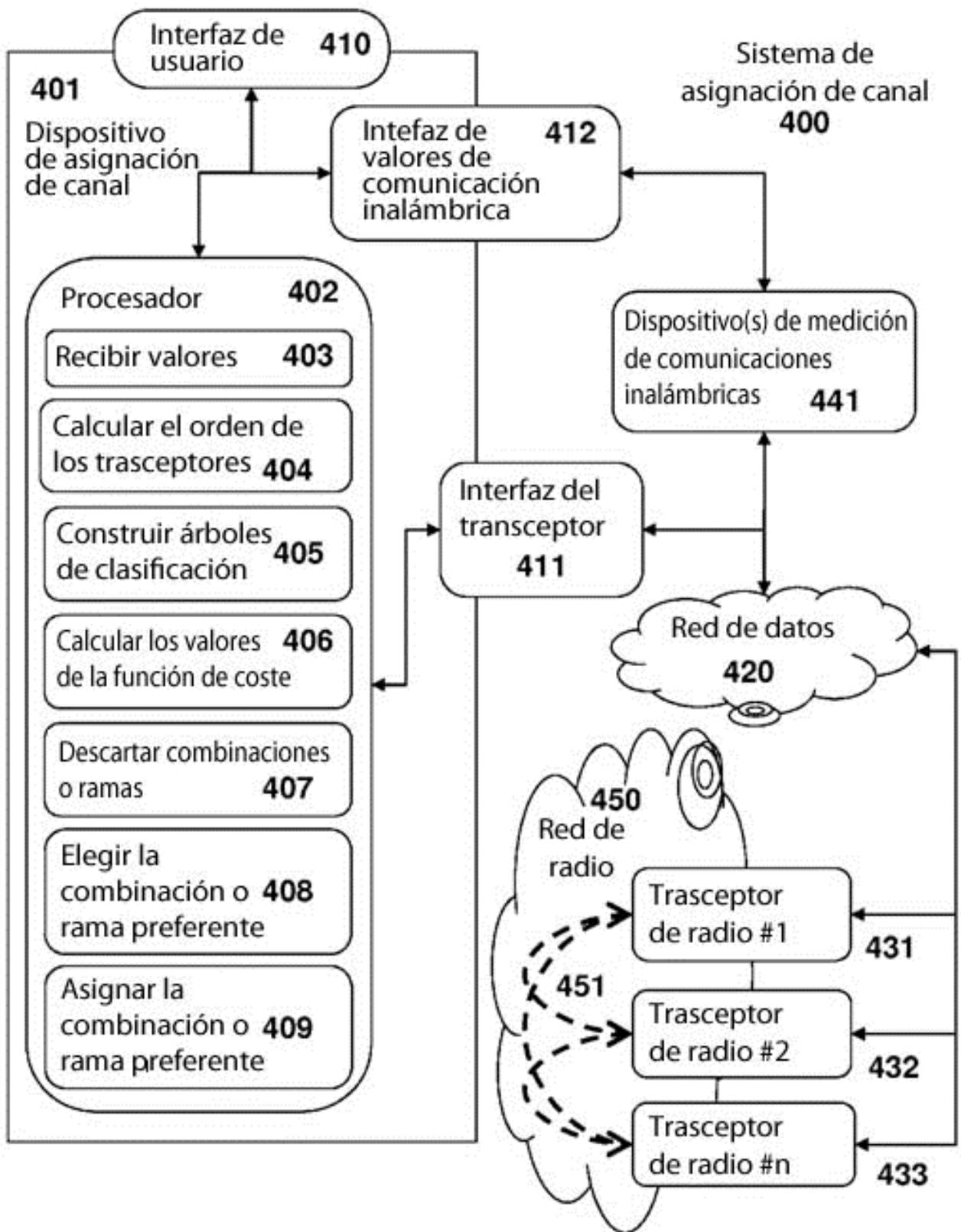


FIG. 1

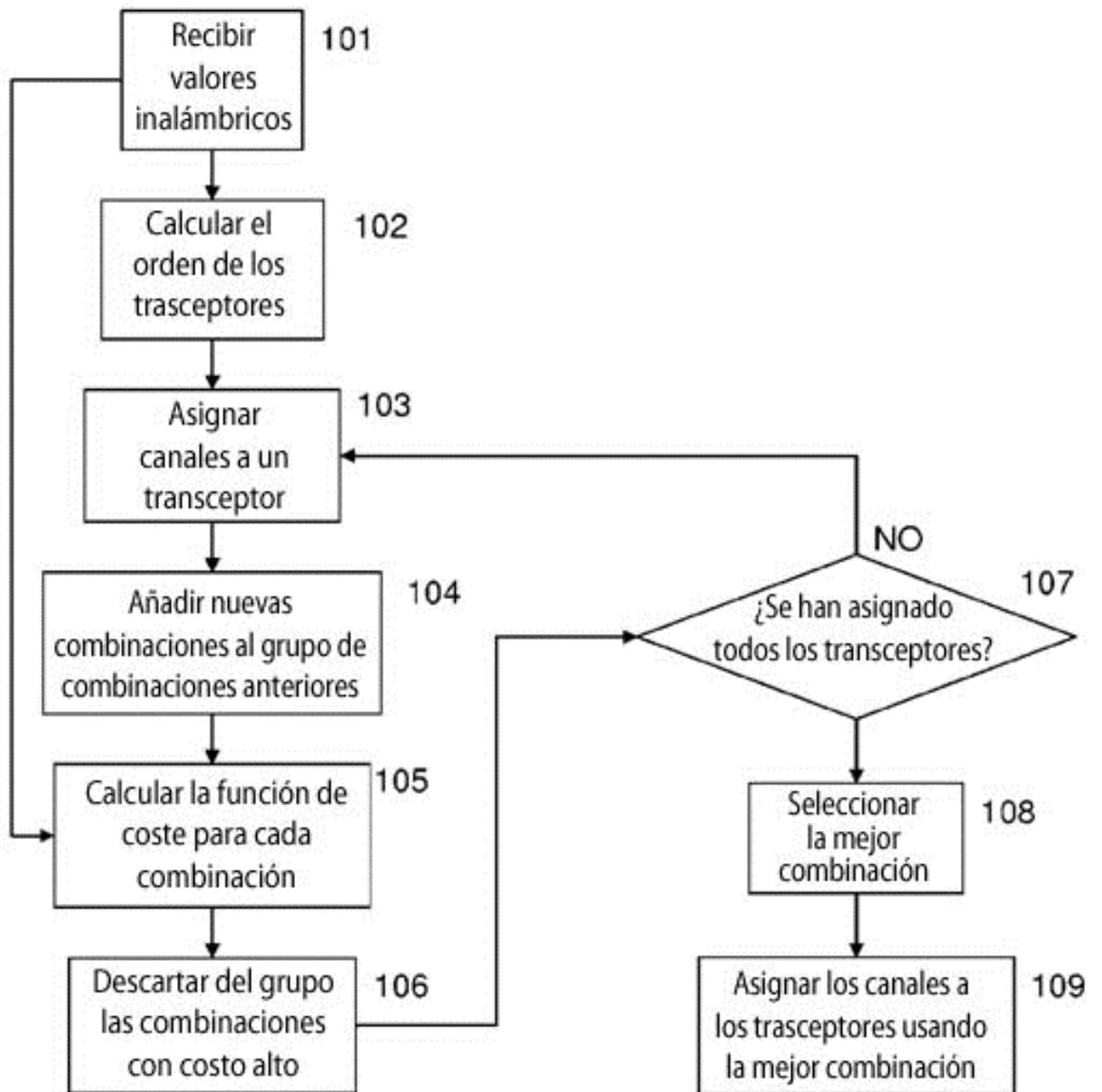


FIG. 2A

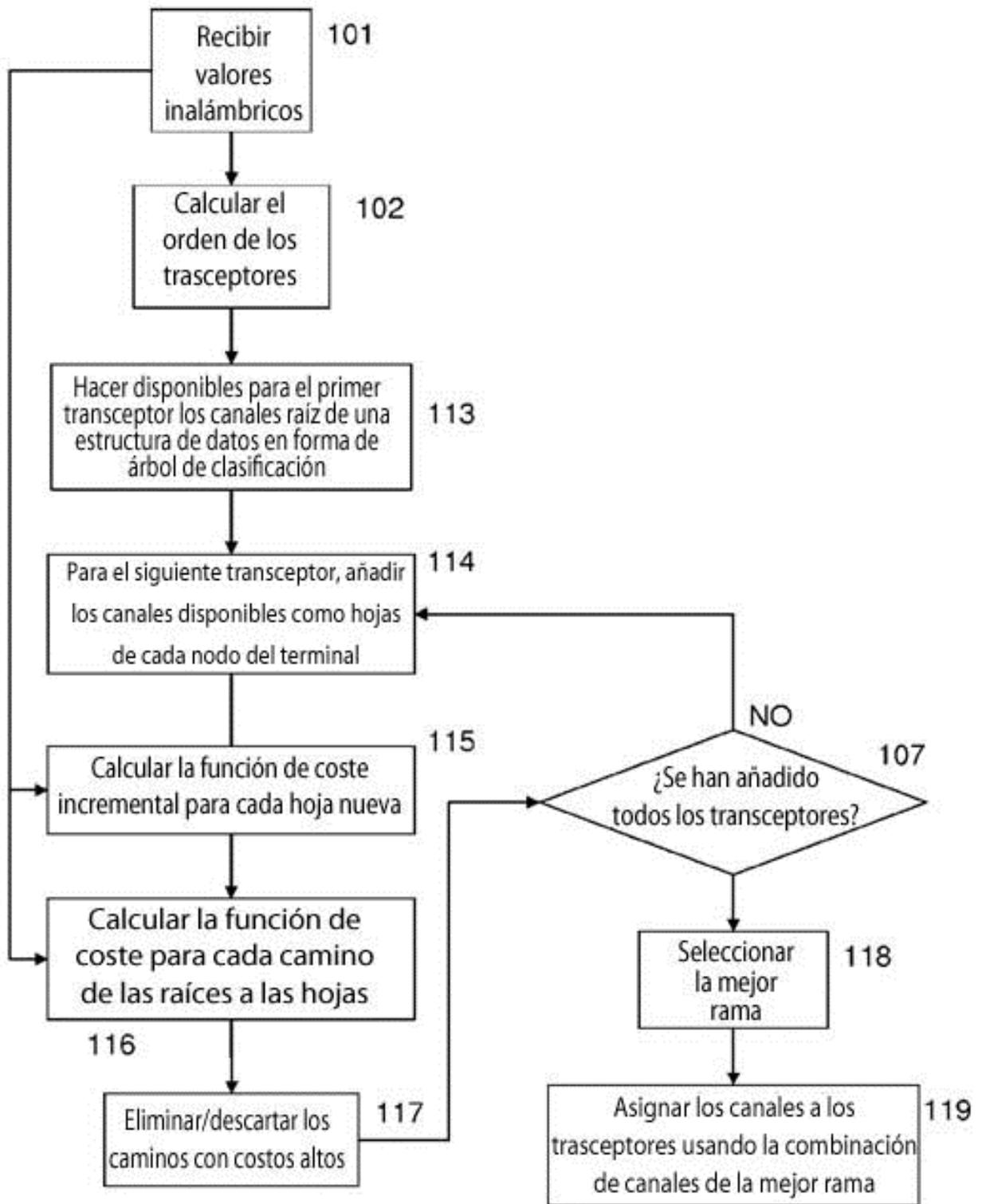


FIG. 2B

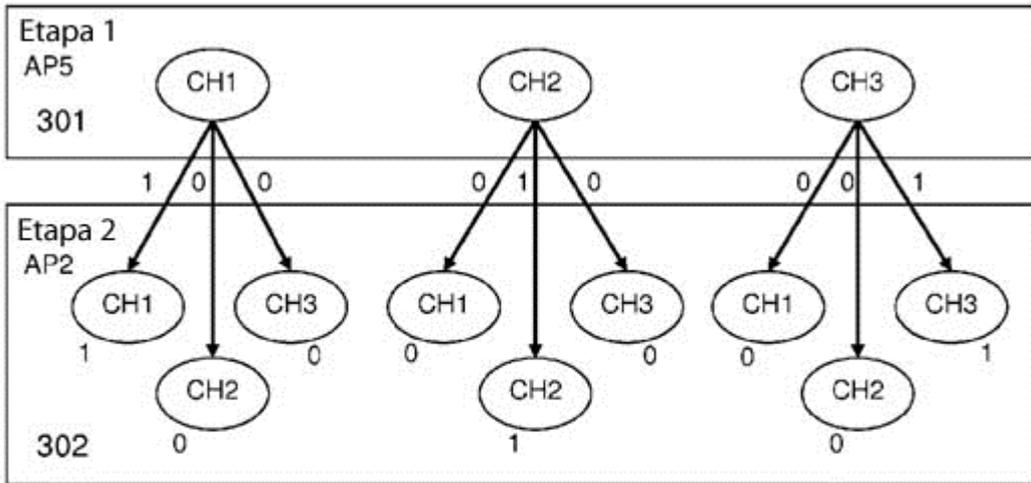


FIG. 3A

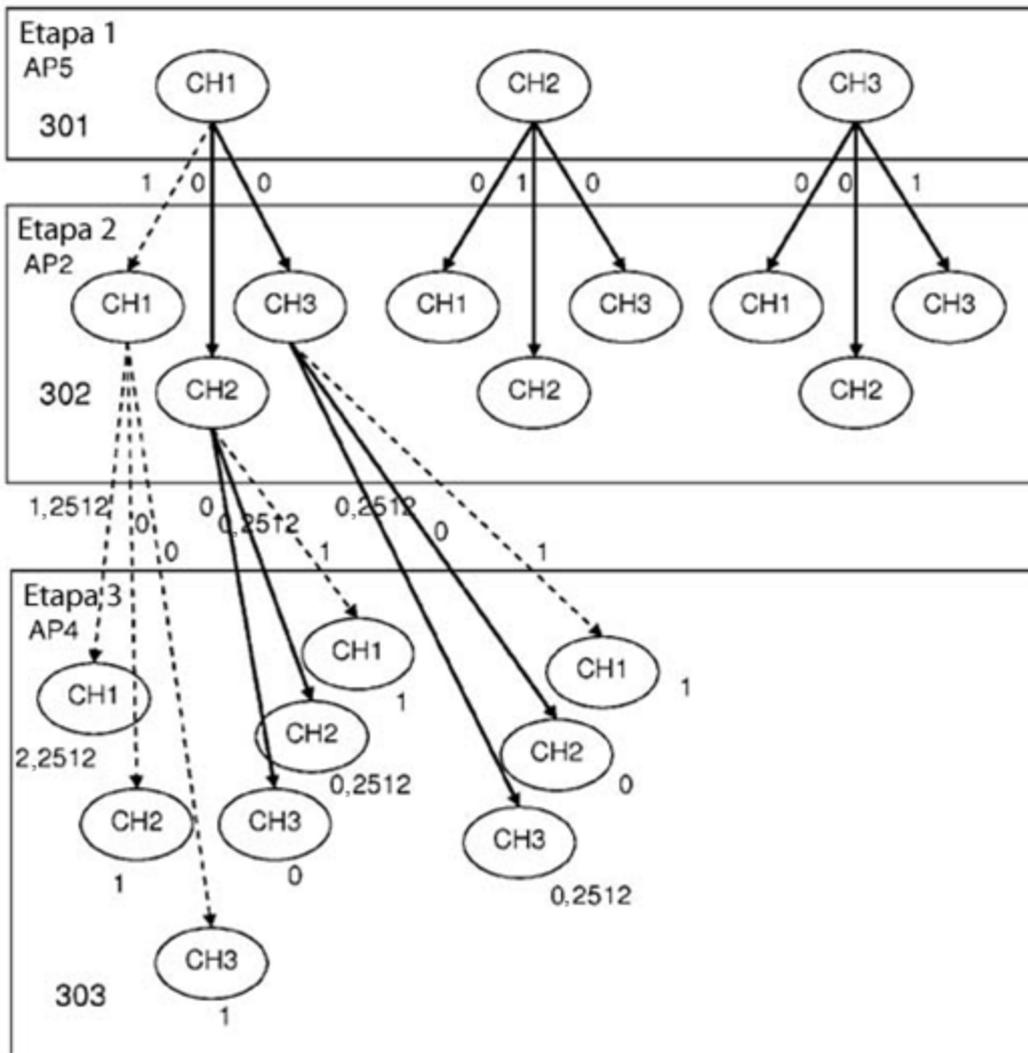


FIG. 3B

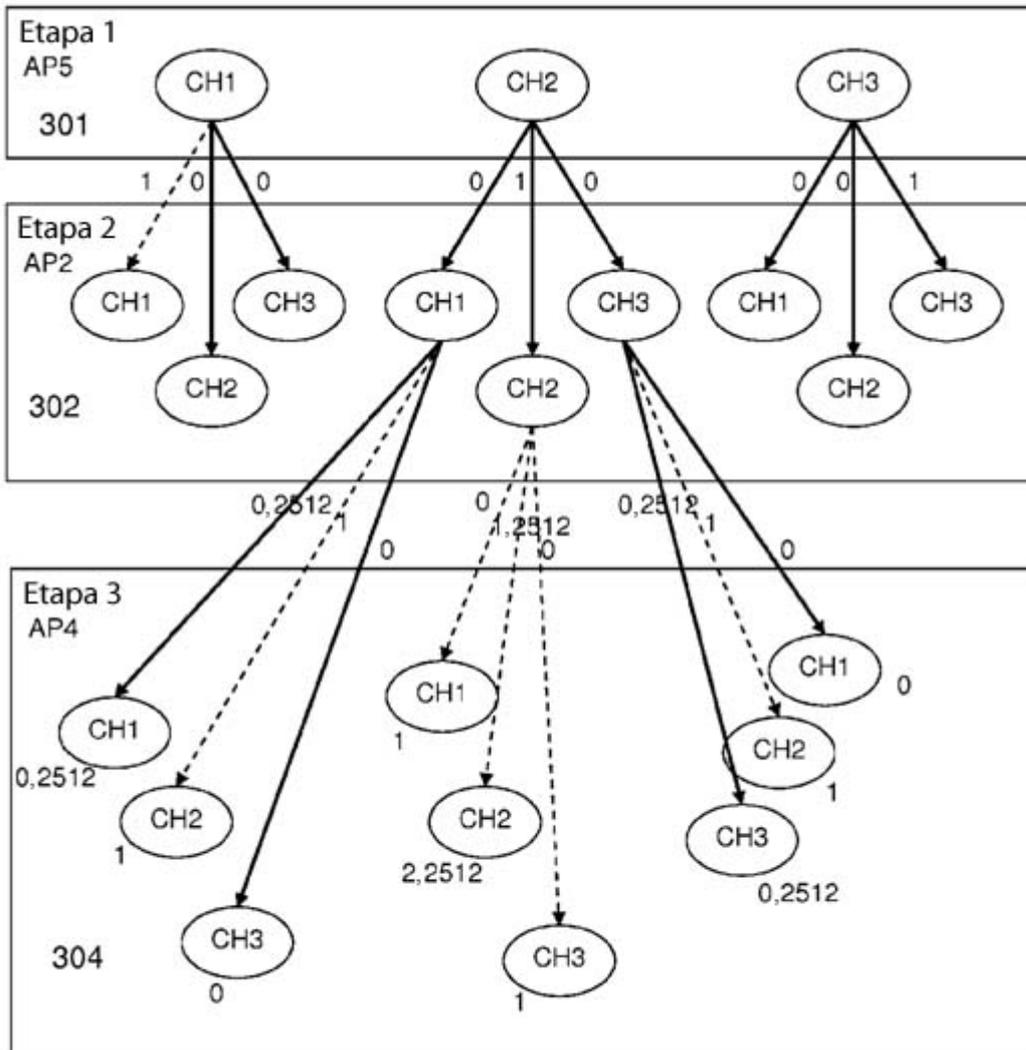


FIG. 3C

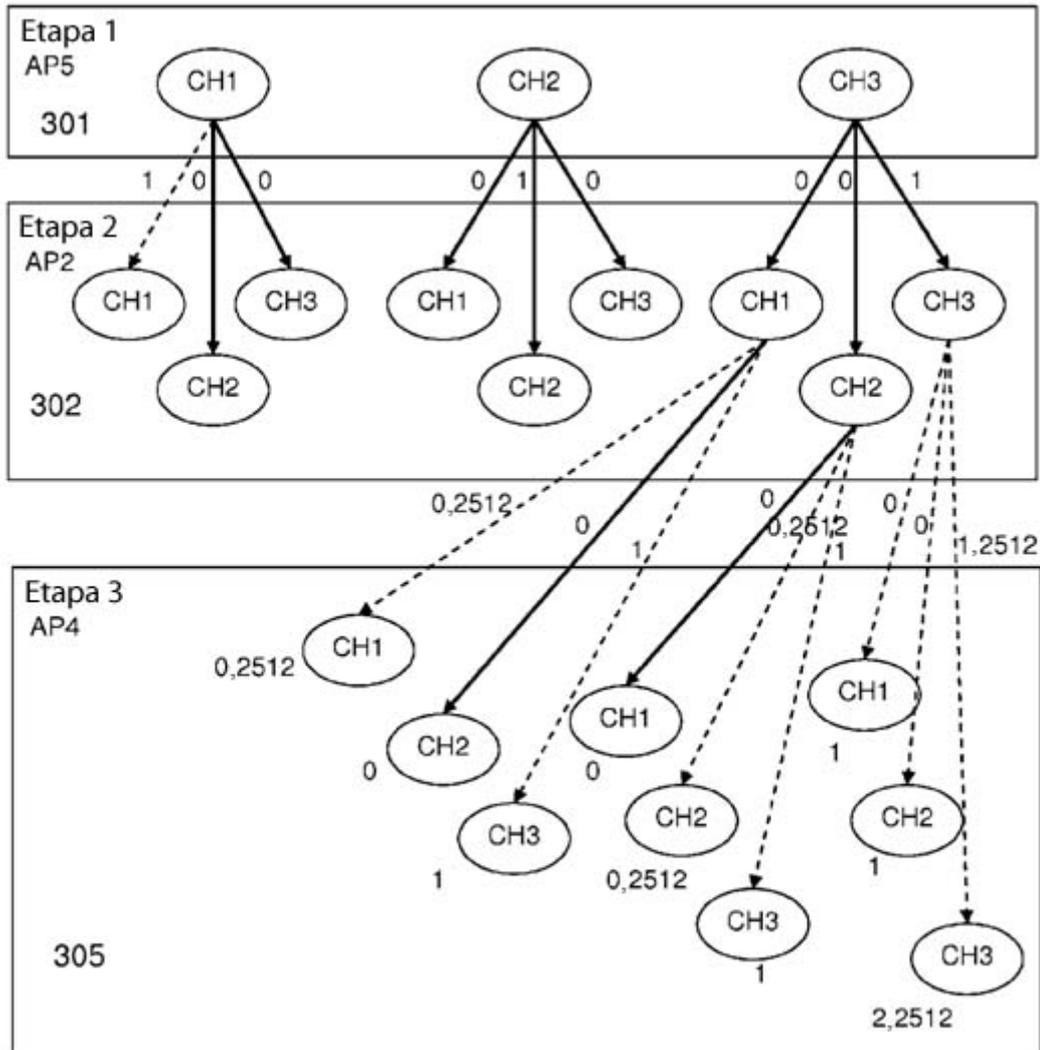


FIG. 3D

310

Etapa	1	2	Coste	Descarte
AP	AP5	AP2		
Combinación				
311	CH1	CH1	1	No
312	CH1	CH2	0	No
313	CH1	CH3	0	No
321	CH2	CH1	0	No
322	CH2	CH2	1	No
323	CH2	CH3	0	No
333	CH3	CH1	0	No
332	CH3	CH2	0	No
333	CH3	CH3	1	No

311

FIG. 3E

320

Etapa	1	2	Coste de la etapa	3	Coste de la etapa	Coste total	Descarte
AP	AP5	AP2		AP4			
Combinación							
3111	CH1	CH1	1	CH1	1,2512	2,2512	Sí
3112	CH1	CH1	1	CH2	0	1	Sí
3113	CH1	CH1	1	CH3	0	1	Sí
3121	CH1	CH2	0	CH1	1	1	Sí
3122	CH1	CH2	0	CH2	0,2512	0,2512	No
3123	CH1	CH2	0	CH3	0	0	No
3131	CH1	CH3	0	CH1	1	1	Sí
3132	CH1	CH3	0	CH2	0	0	No
3133	CH1	CH3	0	CH3	0,2512	0,2512	No
3211	CH2	CH1	0	CH1	0,2512	0,2512	No
3212	CH2	CH1	0	CH2	1	1	Sí
3213	CH2	CH1	0	CH3	0	0	No
3221	CH2	CH2	1	CH1	0	1	Sí
3222	CH2	CH2	1	CH2	1,2512	2,2512	Sí
3223	CH2	CH2	1	CH3	0	1	Sí
3231	CH2	CH3	0	CH1	0	0	No
3232	CH2	CH3	0	CH2	1	1	Sí
3233	CH2	CH3	0	CH3	0,2512	0,2512	No
3311	CH3	CH1	0	CH1	0,2512	0,2512	No
3312	CH3	CH1	0	CH2	0	0	No
3313	CH3	CH1	0	CH3	1	1	Sí
3321	CH3	CH2	0	CH1	0	0	No
3322	CH3	CH2	0	CH2	0,2512	0,2512	No
3323	CH3	CH2	0	CH3	1	1	Sí
3331	CH3	CH3	1	CH1	0	1	Sí
3332	CH3	CH3	1	CH2	0	1	Sí
3333	CH3	CH3	1	CH3	1,2512	2,2512	Sí

95% nivel de confianza para un costo total = 0,273

FIG. 3F

330

Etapa	1	2	Coste de la etapa	3	Coste de la etapa	4	Coste de la etapa	Coste total	Descarte
AP	AP5	AP2		AP4		AP6			
Combo									
31221	CH1	CH2	0	CH2	0,2512	CH1	1	1,2512	Sí
31222	CH1	CH2	0	CH2	0,2512	CH2	0,3143	0,5655	Sí
31223	CH1	CH2	0	CH2	0,2512	CH3	0	0,2512	Sí
31231	CH1	CH2	0	CH3	0	CH1	1	1	Sí
31232	CH1	CH2	0	CH3	0	CH2	0,2512	0,2512	Sí
31233	CH1	CH2	0	CH3	0	CH3	0,0631	0,0631	No
31321	CH1	CH3	0	CH2	0	CH1	1	1	Sí
31322	CH1	CH3	0	CH2	0	CH2	0,0631	0,0631	No
31323	CH1	CH3	0	CH2	0	CH3	0,2512	0,2512	Sí
31331	CH1	CH3	0	CH3	0,2512	CH1	1	1,2512	Sí
31332	CH1	CH3	0	CH3	0,2512	CH2	0	0,2512	Sí
31333	CH1	CH3	0	CH3	0,2512	CH3	0,3143	0,5655	Sí
32111	CH2	CH1	0	CH1	0,2512	CH1	0,3143	0,5655	Sí
32112	CH2	CH1	0	CH1	0,2512	CH2	1	1,2512	Sí
32113	CH2	CH1	0	CH1	0,2512	CH3	0	0,2512	Sí
32131	CH2	CH1	0	CH3	0	CH1	0,2512	0,2512	Sí
32132	CH2	CH1	0	CH3	0	CH2	1	1	Sí
32133	CH2	CH1	0	CH3	0	CH3	0,0631	0,0631	No
32311	CH2	CH3	0	CH1	0	CH1	0,0631	0,0631	No
32312	CH2	CH3	0	CH1	0	CH2	1	1	Sí
32313	CH2	CH3	0	CH1	0	CH3	0,2512	0,2512	Sí
32331	CH2	CH3	0	CH3	0,2512	CH1	0	0,2512	Sí
32332	CH2	CH3	0	CH3	0,2512	CH2	1	1,2512	Sí
32333	CH2	CH3	0	CH3	0,2512	CH3	0,3143	0,5655	Sí
33111	CH3	CH1	0	CH1	0,2512	CH1	0,3143	0,5655	Sí
33112	CH3	CH1	0	CH1	0,2512	CH2	0	0,2512	Sí
33113	CH3	CH1	0	CH1	0,2512	CH3	1	1,2512	Sí
33121	CH3	CH1	0	CH2	0	CH1	0,2512	0,2512	Sí
33122	CH3	CH1	0	CH2	0	CH2	0,0631	0,0631	No
33123	CH3	CH1	0	CH2	0	CH3	1	1	Sí
33211	CH3	CH2	0	CH1	0	CH1	0,0631	0,0631	No
33212	CH3	CH2	0	CH1	0	CH2	0,2512	0,2512	Sí
33213	CH3	CH2	0	CH1	0	CH3	1	1	Sí
33221	CH3	CH2	0	CH2	0,2512	CH1	0	0,2512	Sí
33222	CH3	CH2	0	CH2	0,2512	CH2	0,3143	0,5655	Sí
33223	CH3	CH2	0	CH2	0,2512	CH3	1	1,2512	Sí

95% nivel de confianza para un costo total = 0,148

FIG. 3G

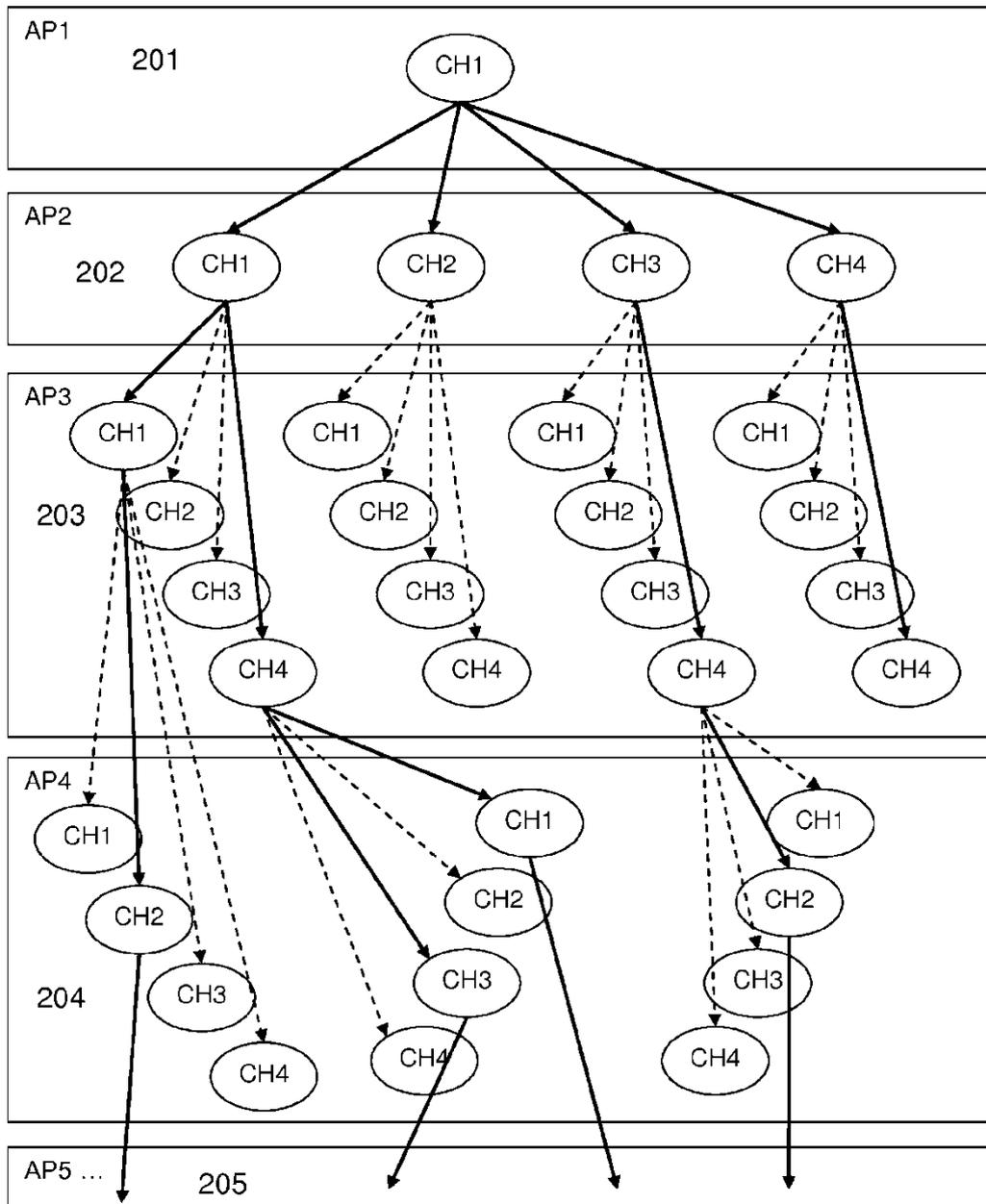


FIG. 4

Fichero Editar Ver Herramientas Ayuda		501
502 Iconos de comando	Orden de canales, función de coste y mejor combinación actuales	504 Información y mensajes
	503	
	Opciones de orden de clasificación y función de coste	
	505	
	Iconos de selección de vista rápida y barra de herramientas definida por el usuario	506

FIG. 5

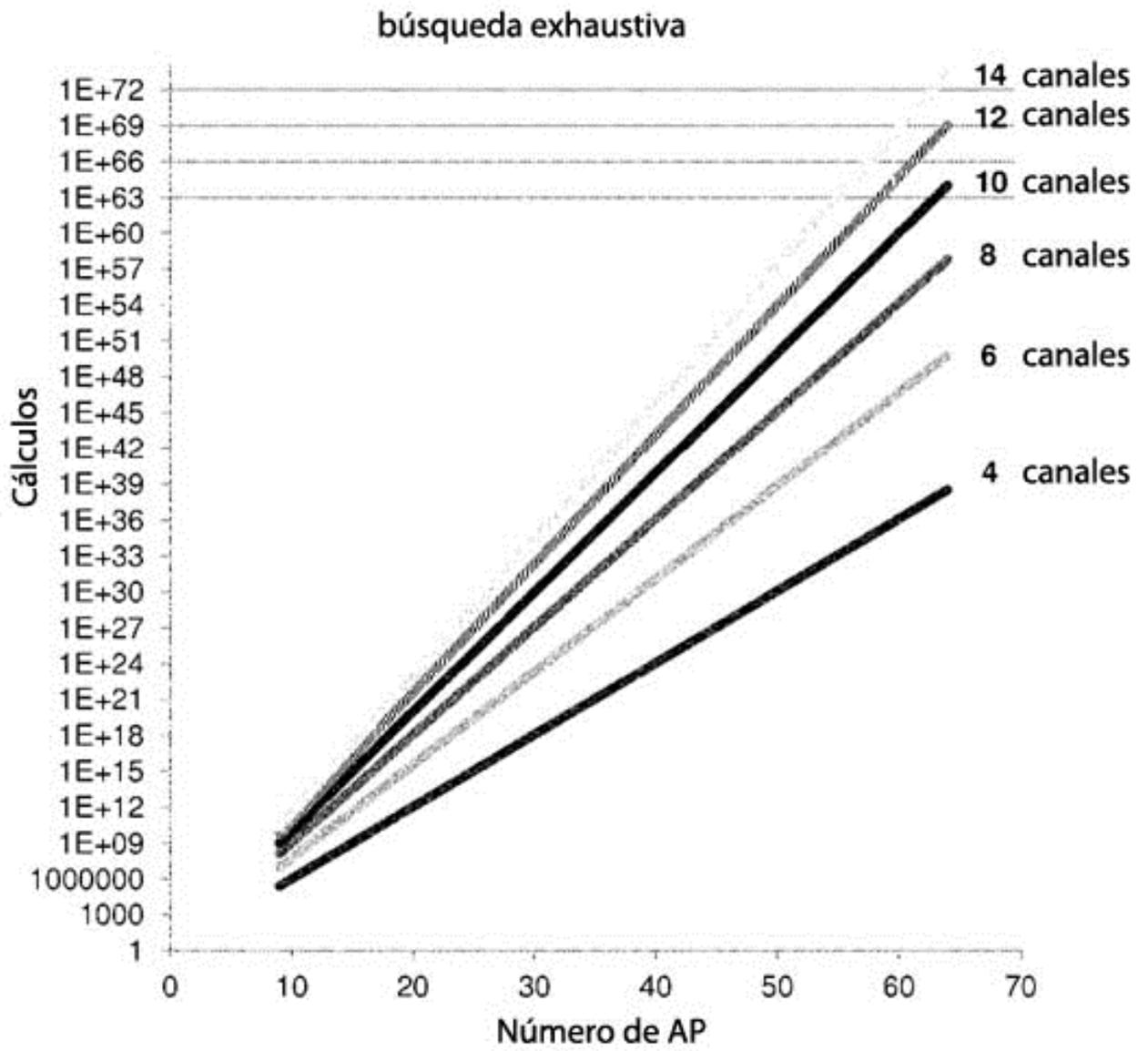


FIG. 6A

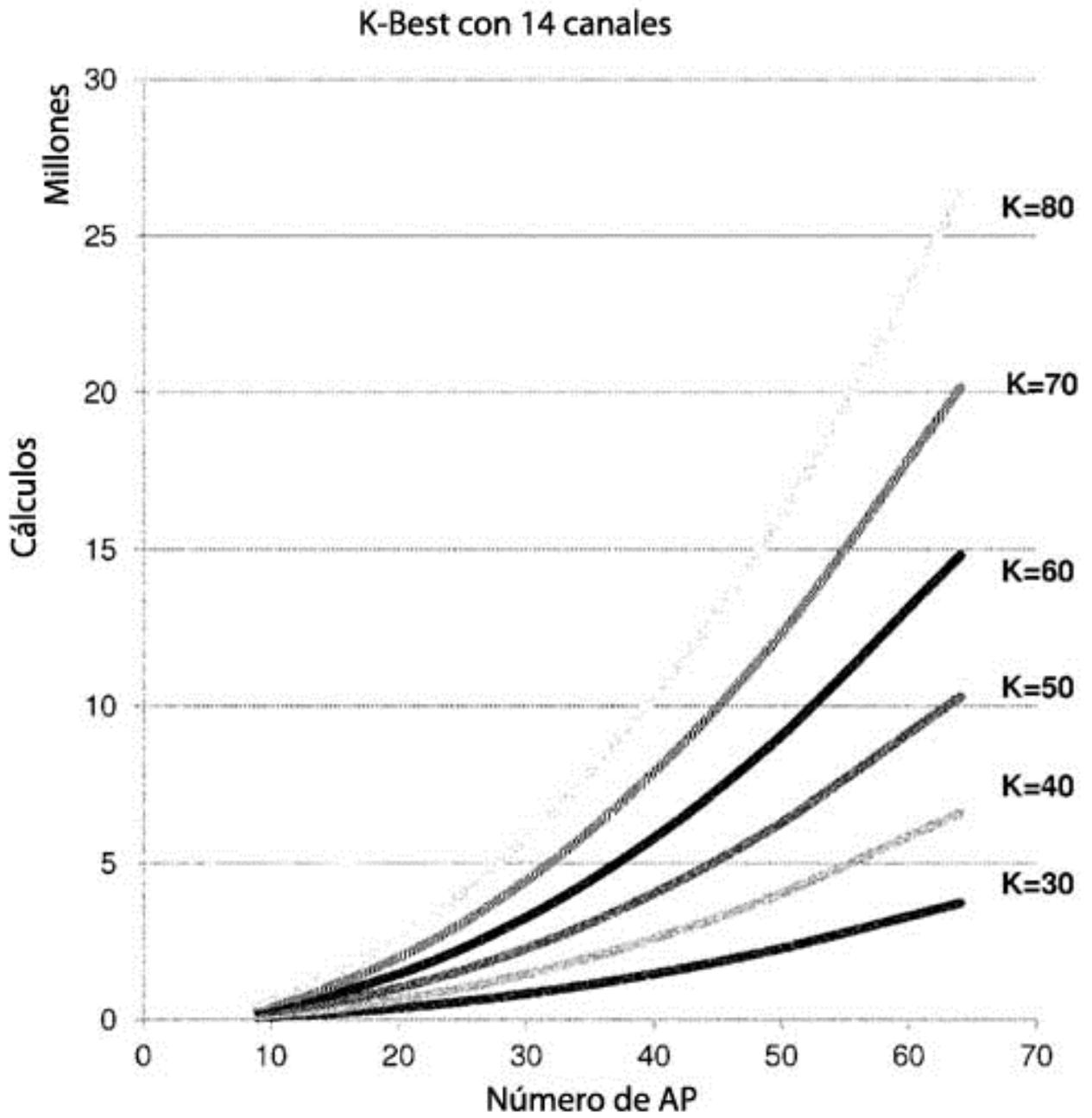


FIG. 6B

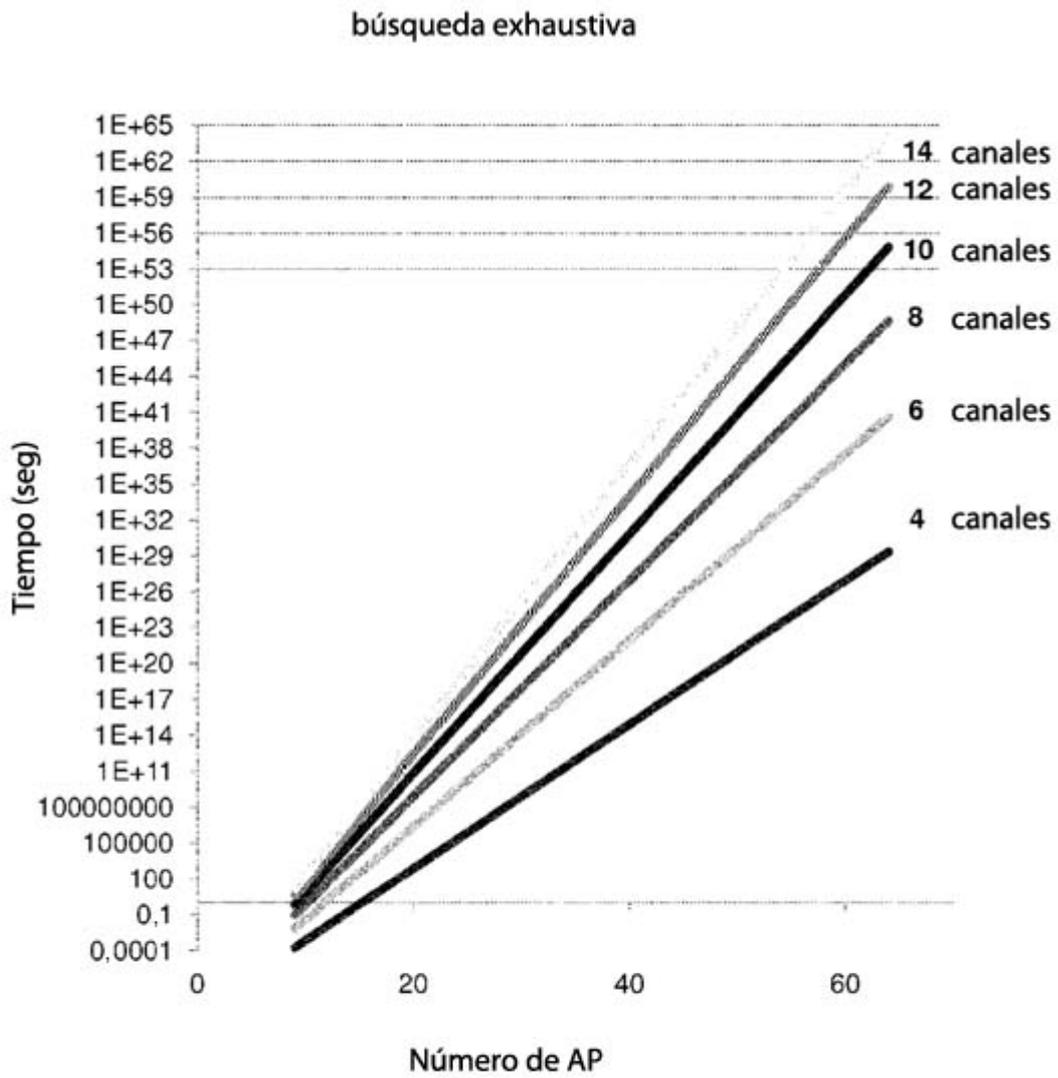


FIG. 6C

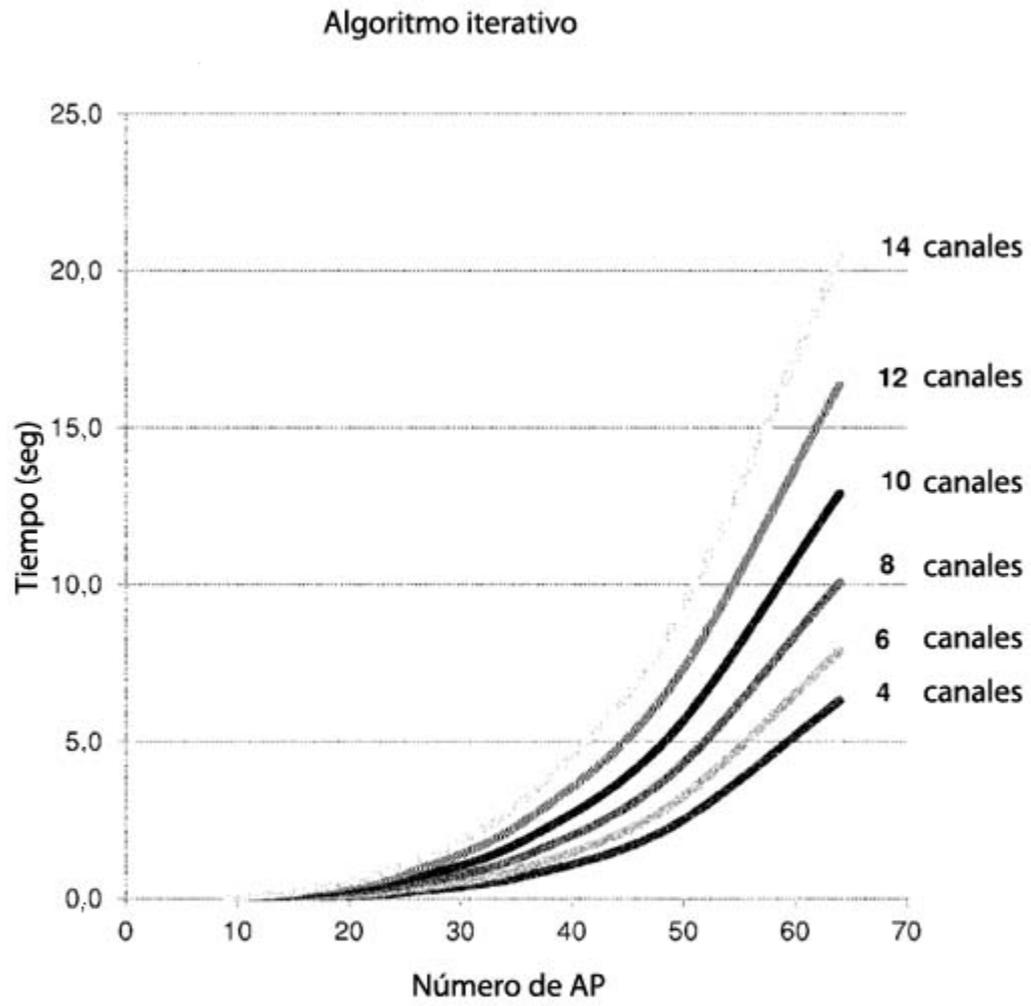


FIG. 6D

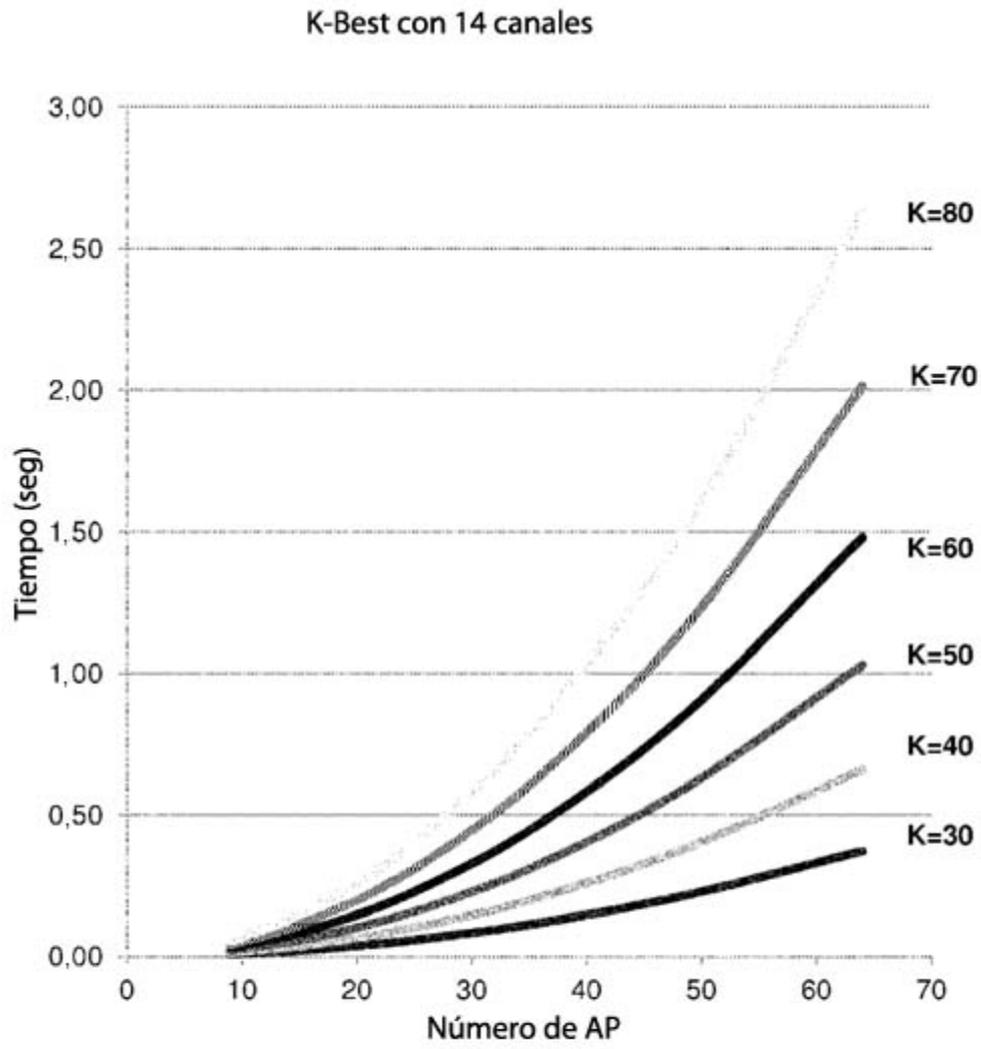


FIG. 6E