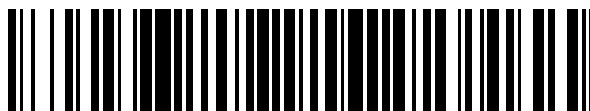


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 623 145**

51 Int. Cl.:

H04W 16/14 (2009.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **10.03.2011 PCT/EP2011/001170**

87 Fecha y número de publicación internacional: **29.03.2012 WO12037990**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.03.2011 E 11722725 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.01.2017 EP 2620006**

54 Título: **Planificación de canales de frecuencia en un sistema de radiocomunicación de banda estrecha**

30 Prioridad:

22.09.2010 FR 1003775

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

10.07.2017

73 Titular/es:

**AIRBUS DS SLC (100.0%)
1 Boulevard Jean Moulin ZAC de la Clef Saint
Pierre
78990 Elancourt, FR**

72 Inventor/es:

**MARQUE-PUCHEU, GÉRARD;
GRUET, CHRISTOPHE y
SEGUY, VINCENT**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 623 145 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

Planificación de canales de frecuencia en un sistema de radiocomunicación de banda estrecha

La presente invención se refiere, en general, a un procedimiento para planificar canales de frecuencia, denominados también frecuencias portadoras, para un sistema de radiocomunicación de banda estrecha que comparte con un sistema de radiocomunicación de banda ancha, en una misma zona geográfica, sitios de transmisión radioeléctrica y una misma banda de frecuencias.

Se conoce un sistema SY de radiocomunicación que comprende un primer sistema SY_{BB} de radiocomunicación de banda ancha y un segundo sistema SY_{NB} de radiocomunicación de banda estrecha que están desplegados en los mismos sitios de transmisión radioeléctrica en una determinada zona geográfica. El operador de estos sitios puede ofrecer de esta manera, sobre esta misma zona, al mismo tiempo, servicios de banda estrecha y servicios de banda ancha. Según la técnica anterior, estos dos sistemas funcionan en bandas de frecuencias separadas para evitar interferencias mutuas.

Haciendo referencia a la Figura 1, el sistema SY de radiocomunicación comprende una pluralidad de sitios, denominados células C₁ a C_C. Para una mejor comprensión de la Figura 1, sólo se detallan 4 células C₁, C₂, C₃ y C_C. Cada célula C_C, con $1 \leq c \leq C$, comprende estaciones base primera y segunda, respectivamente BS_{BB,c}, BS_{NB,c} y estaciones MS₁ a MS_K móviles que se comunican con las estaciones base a través de recursos de radio compartidos en las respectivas bandas $\Delta F_{SY_{BB}}$ de frecuencias para las comunicaciones de banda ancha y $\Delta F_{SY_{NB}}$ para las comunicaciones de banda estrecha. Más particularmente, cada célula C_C comprende una primera estación BS_{BB,c} base denominada estación BS_{BB,c} base de banda ancha en la siguiente descripción, capaz de comunicarse radioeléctricamente con estaciones móviles en una red de radiocomunicación de banda ancha del primer sistema SY_{BB} de radiocomunicación. Cada célula C_C comprende también una segunda estación BS_{NB} base, denominada estación BS_{NB,c} base de banda estrecha en la descripción subsiguiente, capaz de comunicarse radioeléctricamente con estaciones móviles en una red de radiocomunicación de banda estrecha del segundo sistema SY_{NB} de radiocomunicación. Las estaciones móviles presentes en una célula y que funcionan según uno solo de los dos modos de comunicación, banda ancha o banda estrecha, se registran respectivamente con una de las dos estaciones BS_{BB,c} o BS_{NB,c} base según su modo de funcionamiento. Las estaciones móviles que funcionan según ambos modos de comunicación pueden registrarse con una de las dos estaciones base por elección o con ambas estaciones base.

Para los sistemas SY_{BB} y SY_{NB} de radiocomunicación del tipo FDD (Frequency Division Duplex, dúplex por división de frecuencia), cada una de las respectivas bandas $\Delta F_{SY_{BB}}$ y $\Delta F_{SY_{NB}}$ de frecuencias predeterminadas comprende una primera banda $\Delta F_{SY_{BBe}}$ de frecuencias, respectivamente $\Delta F_{SY_{NBe}}$, para la emisión de comunicaciones desde las estaciones BS_{BB,c} o BS_{NB,c} base a las estaciones móviles, suplementada con una segunda banda de frecuencias del mismo ancho $\Delta F_{SY_{BBr}}$, respectivamente $\Delta F_{SY_{NBr}}$ denominada banda dúplex, para las recepciones de las comunicaciones procedentes desde las estaciones móviles por las estaciones BS_{BB,c} o BS_{NB,c} base. La primera banda $\Delta F_{SY_{BBe}}$ de frecuencias, respectivamente $\Delta F_{SY_{NBe}}$, y la segunda banda $\Delta F_{SY_{BBr}}$ de frecuencias asociada, respectivamente $\Delta F_{SY_{NBr}}$, están desplazadas por un mismo intervalo ΔF_D dúplex,

El sistema SY_{BB} de radiocomunicación de banda ancha es por ejemplo del tipo WIMAX ("Worldwide Interoperability for Microwave Access", interoperabilidad mundial para acceso a microondas) basado en una interfaz de aire según la norma IEEE 802.16, más particularmente según la norma 802.16m o, por ejemplo, de la norma LTE (Long Term Evolution, evolución a largo plazo) que emplea bandas $\Delta F_{SY_{BBe}}$ y $\Delta F_{SY_{BBr}}$ de frecuencias anchas, cada una típicamente mayor de un Megahercio, por ejemplo 1,25 MHz, 1,4 MHz, 3 MHz, 5 MHz, 10 MHz o 20 MHz.

Tal como se muestra en la Figura 2A, en el sistema SY_{BB} de radiocomunicación de banda ancha, cada banda $\Delta F_{SY_{BBe}}$ y $\Delta F_{SY_{BBr}}$ de frecuencia predeterminada está dividida en J bloques de frecuencias respectivamente BFe₁ a BFe_J y BFr₁ a BFr_J, cada uno de ancho de banda ΔBF , típicamente de unos pocos cientos de Kilociercios, por ejemplo $\Delta BF = 180$ kHz en el caso de un sistema según la norma LTE. Cada bloque BFe_j, BFr_j, con $1 \leq j \leq J$, comprende N frecuencias portadoras consecutivas y distribuidas regularmente F_{j,1}... F_{j,n}, ... F_{j,N} de ancho de canal $\Delta F = \Delta F_{SY_e}/(J \times N)$, con $1 \leq n \leq N$. Por ejemplo, en el caso de la norma LTE, N es igual a 12 y el intervalo ΔF entre dos sub-portadoras consecutivas es igual a 15 kHz, de manera que $\Delta BF = N \times \delta F = 12 \times 15$ kHz = 180 kHz.

Los recursos de radio se asignan a una estación BS_{BB,c} base para una alta capacidad de transmisión de datos a (o desde) una estación móvil que funciona al menos en el modo de banda ancha. La Figura 2B es una ilustración de los recursos de radio compartidos por las estaciones BS_{BB} base de banda ancha en un canal de comunicación de enlace descendente en la banda $\Delta F_{SY_{BBe}}$ de frecuencias durante una trama TP de tiempo, y

- son similares en el canal de comunicación de enlace ascendente (no representado). Un canal de comunicación, enlace descendente o enlace ascendente, del sistema LTE de banda ancha corresponde al conjunto de recursos en la banda $\Delta F_{sy_{BBe}}$ de frecuencias (o $\Delta F_{sy_{BBi}}$) durante una trama TP de tiempo. Los recursos de radio son bloques de recursos, cada $BR_{j,tp}$ definido en un bloque BFe_j de frecuencias (o BFR_j dependiendo de la dirección del canal) durante una ventana tp de tiempo específica, denominada paso de tiempo, que consiste en varios tiempos de símbolo dentro del significado de la modulación OFDM. Un canal de comunicación comprende sub-canales CNC comunes para sincronización y difusión de la información de sistema entre las estaciones base de banda ancha, y sub-canales de transporte para intercambios de datos y de señalización entre las estaciones base y los terminales móviles. Los sub-canales CNC comunes corresponden a un conjunto de bloques de recursos que se extienden sobre unos pocos bloques de frecuencias contiguos (seis en el caso de LTE) durante unos pocos tiempos de símbolo y se repiten en parte en la trama TP de tiempo. Los otros bloques de recursos corresponden a los sub-canales de transporte y se comparten entre las C estaciones base $BS_{BB,1}$ a $BS_{BB,c}$ del sistema SY_{BB} de radiocomunicación según un procedimiento conocido para asignar recursos, tal como la reutilización de frecuencias según un factor específico, por ejemplo, un factor de 3 o un factor de 1, o tal como una reutilización de frecuencias fraccionada. Haciendo referencia a la Figura 2B, en el plano de la frecuencia, varios bloques de frecuencias, por ejemplo los bloques BFe_j a BFe_{j+5} , comprenden pocos bloques de recursos destinados para los sub-canales CNC y bloques de recursos destinados para los sub-canales de transporte. Los otros bloques de frecuencias comprenden bloques de recursos destinados únicamente para los canales de transporte, por ejemplo el bloque BFe_i de frecuencias con referencia a la Figura 2B.
- El sistema SY_{NB} de radiocomunicación de banda estrecha es por ejemplo un sistema TETRA ("TERrestrial Trunked RAdio", radio terrestre troncalizada) o TETRAPOL cuyo ancho δf de canal es del orden de unos pocos Kilohercios por ejemplo 10 kHz, 12,5 kHz o 25 kHz, en el que este ancho δf es también el paso de frecuencia que separa dos frecuencias portadoras. Con referencia a la Figura 3A, el canal de frecuencia de comunicación de enlace ascendente y/o descendente del sistema de banda estrecha entre una estación base de banda estrecha y un terminal móvil corresponde a una frecuencia portadora $fe_{c,p}$ o $fr_{c,p}$ (representada por $fe/fr_{c,p}$ en la Figura 3A) del ancho δf de canal. El ancho δb de banda útil de la señal de frecuencia filtrada es menor que el ancho δf del canal. Por ejemplo, para un ancho δf de canal de 10 KHz, el ancho δb de banda será por ejemplo 8 KHz.
- Con referencia a la Figura 3B, en el sistema SY_{NB} de radiocomunicación de banda estrecha de tipo FDD, la distribución usual del plan de frecuencias es tal que a cada célula C_c se le asignan dos grupos de P frecuencias portadoras $fe_{c,1} \dots fe_{c,p}, \dots fe_{c,p}$ y $fr_{c,1} \dots fr_{c,p}, \dots fr_{c,p}$ del ancho δf de canal, que se distribuyen respectivamente sobre las bandas $\Delta F_{sy_{NBe}}$ y $\Delta F_{sy_{NBf}}$ de frecuencias. Para cada banda $\Delta F_{sy_{NBe}}$ y $\Delta F_{sy_{NBf}}$ de frecuencias, la distribución de las frecuencias portadoras de banda estrecha asignadas a una misma estación base, en una misma célula C_c , cumple con ciertas restricciones entre dichas frecuencias.
- Una primera restricción relacionada con el uso de sistemas de acoplamiento convencionales, más particularmente sistemas de acoplamiento que usan cavidades, para transmitir mensajes desde la estación $BS_{NB,c}$ base a los terminales móviles presentes en la célula, requiere el cumplimiento de un primer intervalo Δfe de frecuencia mínimo entre las frecuencias portadoras usadas en una misma célula, por ejemplo $\Delta fe = 150$ kHz.
- Una segunda restricción hace posible evitar perturbaciones relacionadas con el uso de canales de frecuencia demasiado cercanos para transmitir mensajes a la estación $BS_{NB,c}$ base, al mismo tiempo, por los terminales móviles cercanos a la estación $BS_{NB,c}$ base y los terminales móviles alejados de la estación $BS_{NB,c}$ base. Esta restricción impone el cumplimiento de un segundo intervalo Δfr de frecuencias mínimo entre dichas frecuencias portadoras de una misma célula, por ejemplo $\Delta fr = 20$ kHz, y que puede ser menor que el primer paso Δfe .
- En lo que se refiere a los canales de frecuencia para la comunicación de enlace ascendente en la dirección desde los móviles a la estación base corresponden, dentro del intervalo dúplex, a los canales de frecuencia para la comunicación de enlace descendente desde la estación base a las estaciones móviles, las separaciones mínimas entre canales relacionadas con las restricciones de la estación base estarán situadas idénticamente, dentro de un desplazamiento de frecuencia, en la otra sub-banda de frecuencias correspondiente a las comunicaciones de enlace ascendente desde las estaciones móviles a la estación base.
- Las células que están suficientemente alejadas geográficamente pueden tener frecuencias $fe_{c,p}, fr_{c,p}$ portadoras idénticas o grupos o partes de grupos de frecuencias portadoras idénticas. La interferencia mutua de estas células en un mismo canal de frecuencia es muy baja, en el que la relación portadora-a-interferencia se determina en cada una de las células como una función de la otra célula es menor que un umbral específico.
- El documento WO 02/03717 A2 describe un procedimiento para asignar un espectro de frecuencias compartido

entre tecnologías de acceso por radio de banda ancha y de banda estrecha. Este procedimiento propone compartir el espectro de frecuencias en tres bandas: dos bandas 14 de frecuencias dedicadas a la tecnología de acceso por radio de banda estrecha y entre estas dos bandas 14 de frecuencias una banda 16 de frecuencias dedicada a la tecnología de acceso de banda ancha. Con el fin de interferir menos con el portador 18 de banda ancha, los portadores 12 de banda estrecha adyacentes al portador de banda ancha son asignados a las micro-células y las pico-células.

El documento US 2008/13486 A1 describe un procedimiento para mantener la compatibilidad retroactiva con un sistema de comunicación inalámbrico de banda estrecha en un sistema de comunicación inalámbrica de banda ancha y para reducir la sobrecarga de información de control en el sistema de comunicación inalámbrica de banda ancha. El sistema de comunicación de banda ancha usa dos bandas de frecuencias: las primeras bandas de frecuencias usadas tanto por el sistema de comunicación de banda ancha como por el sistema de frecuencia de banda estrecha, mientras que la segunda banda de frecuencias es usada únicamente por el sistema de comunicación de banda ancha. Un terminal de banda estrecha recibe una primera señal de banda de frecuencias y realiza una comunicación con la estación base usando la zona de recursos de la primera banda de frecuencias. Un terminal de banda ancha recibe una primera y una segunda señales de banda de frecuencias y realiza una comunicación con la estación base usando la zona de recursos de la primera y la segunda bandas de frecuencias o usando la segunda banda de frecuencias.

El documento WO 2011/002269 A1 (estado de la técnica según el artículo 54 (3) EPC) describe un procedimiento para permitir que la red TETRA (red de banda estrecha) funcione en una red de banda ancha. Más particularmente, el procedimiento produce señales para correlacionar la capa física de modo directo TETRA a una red de banda ancha. La trama de las señales de banda ancha está dispuesta como una ranura de tiempo para formar una multi-trama de modo directo. Una estación base puede asignar una zona transparente fija en la red de banda ancha para el funcionamiento en modo directo.

Las asignaciones estándar, tales como éstas, de bloques de frecuencias y de frecuencias portadoras son efectivas cuando se aplican respectivamente a unos sistemas SY_{BB} y SY_{NB} de radiocomunicación, primero y segundo, situados en zonas geográficas distintas, y/o que funcionan en bandas $\Delta F_{sy_{BB}}$, $\Delta F_{sy_{NB}}$ de frecuencias distintas. Si los sistemas SY_{BB} y SY_{NB} de comunicación, según la invención, están situados en una misma zona geográfica y comparten las mismas bandas ΔF_{sy_e} y ΔF_{sy_r} de frecuencias de emisión y de recepción, las asignaciones de frecuencias portadoras, por una parte, y de bloques de frecuencias, más particularmente los canales de transporte, por otra parte, producirán interferencia mutua que tienen un efecto muy negativo sobre la calidad de servicio de dichos sistemas de comunicación.

De hecho, según una configuración ejemplar típica, las frecuencias portadoras del sistema SY_{NB} de banda estrecha tienen un ancho δf de canal de 10 KHz y el primer intervalo Δf_e de frecuencias entre dos frecuencias portadoras de la misma célula C_C es de 150KHz. Suponiendo que cada bloque BF_{e_j} , BF_{r_j} de frecuencias del sistema SY_{BB} de banda ancha tiene un ancho ΔBF_j de banda de 180 KHz para los sistemas LTE, varios bloques de frecuencias, de hecho, todos los bloques de frecuencias potencialmente usados por la estación $BS_{BB,c}$ base de banda ancha de la célula C_C pueden contener cada uno al menos una frecuencia portadora de la estación $BS_{NB,c}$ base de banda estrecha perteneciente a la misma célula C_C y es interferida por estas frecuencias portadoras.

Es posible limitar este inconveniente evitando asignar un bloque de frecuencias a una célula determinada, dicho de otra manera, neutralizando el bloque, cuando su asignación sería susceptible de crear interferencias en las frecuencias portadoras del sistema de banda estrecha que están asignadas en la misma célula determinada o en células suficientemente cercanas a esta célula determinada para experimentar interferencia. De esta manera, estos bloques de frecuencias interferidos se vuelven inutilizables mediante la aplicación de una estrategia para compartir el sistema SY de radiocomunicación prohibiendo la asignación de un bloque BF_{e_j} , BF_{r_j} de frecuencias a una estación BS_{BB} base de banda ancha si experimenta interferencias con una frecuencia portadora de una estación BS_{NB} base situada en la misma célula o en una célula geográficamente cercana. La aplicación de dicha estrategia asegura mutuamente la protección de los bloques de frecuencias del sistema de banda ancha. Sin embargo, en la configuración representada anteriormente, el número de bloques de frecuencias neutralizados puede reducir muy severamente la capacidad del sistema de comunicación de banda ancha.

Para paliar este inconveniente, se conoce el uso de transmisores de frecuencia de portadora múltiple en las estaciones base de banda estrecha del sistema SY_{NB} de comunicación de banda estrecha. Dicho transmisor agrupa las frecuencias portadoras asignadas a la misma estación $BS_{NB,c}$ base en un grupo de frecuencias portadoras distribuidas de manera consecutiva sobre una banda de frecuencias no muy extendida con un pequeño intervalo Δf_e de frecuencias entre cada frecuencia portadora, por ejemplo Δf_e va de 150 KHz a 20KHz. De esta manera, el grupo de frecuencias portadoras asignado a la estación $BS_{NB,c}$ base de la célula C_C tiene un ancho de banda de frecuencias, por ejemplo de 140 KHz en el caso de un grupo de 8 frecuencias, que es menor

que el ancho de banda de un bloque de frecuencias, que en el ejemplo anterior es de 180 KHz. Dependiendo de su posición con respecto a los bloques de frecuencias, el grupo de frecuencias portadoras interfiere como máximo con sólo uno o dos bloques de frecuencias. Los otros bloques de frecuencias que no experimentan interferencias con este grupo de frecuencias pueden ser asignados potencialmente a la estación BS_{BB,c} base de banda ancha, perteneciente a la célula C_C. Sin embargo, los grupos de frecuencias portadoras asignados respectivamente a las estaciones base de banda estrecha que se encuentran respectivamente en las células adyacentes a la célula C_C pueden distribuirse sin embargo sobre la totalidad de la banda de frecuencias del sistema SY de radiocomunicación y de esta manera interfieren con diversos bloques de frecuencias, de hecho todos los bloques de frecuencias distribuidos sobre las bandas ΔF_{sy_e} y ΔF_{sy_r} de frecuencias, convirtiéndolos en inutilizables para la estación BS_{BB,c} base de banda ancha de la célula C_C.

El objetivo de la invención es aliviar los inconvenientes de la técnica anterior mediante un procedimiento para planificar las frecuencias portadoras para un sistema de radiocomunicación de banda estrecha que comparte con un sistema de radiocomunicación de banda ancha, en una misma zona geográfica, células de transmisión radioeléctrica cada una de las cuales comprende una estación base de banda estrecha y una estación base de banda ancha, y la misma banda de frecuencias, en el que la banda de frecuencias está dividida en parte en un número determinado de bloques de frecuencias, cada uno de los cuales comprende un número determinado de frecuencias portadoras a ser asignadas opcionalmente a las estaciones base de banda estrecha. El procedimiento se define en la reivindicación 1.

Según una característica de la invención, en la etapa de distribución, los al menos dos grupos seleccionados de frecuencias portadoras están distribuidos en un bloque de frecuencias intercalando de manera alternada cada frecuencia portadora de un grupo con respectivamente cada frecuencia portadora del otro grupo para cumplir con un intervalo de frecuencias mínimo entre las frecuencias portadoras del mismo grupo de frecuencias portadoras.

Según una primera implementación del procedimiento de la invención, el procedimiento comprende las siguientes etapas sucesivas:

- una etapa de asociación que determina un primer conjunto de primeros grupos de frecuencias portadoras, cada primer grupo de frecuencias portadoras de los cuales está asociado con una o más estaciones base de banda estrecha según reglas de reutilización, y
- la etapa de distribución que correlaciona de manera biyectiva cada frecuencia portadora de uno de los grupos del primer conjunto con una frecuencia portadora de un bloque de frecuencias mientras se cumple, por una parte, con la regla de distribución y, por otra parte, con un intervalo de frecuencias mínimo entre las frecuencias portadoras del mismo grupo de frecuencias portadoras correlacionadas de manera biyectiva con las frecuencias portadoras del mismo bloque de frecuencias.

Según una característica de la primera implementación del procedimiento, la etapa de distribución comprende un primer bucle iterativo para seleccionar cada bloque de frecuencias de la banda de frecuencias y un segundo bucle iterativo para seleccionar cada frecuencia portadora del bloque de frecuencias seleccionado, y comprende en el segundo bucle iterativo una correlación biyectiva de la frecuencia portadora del bloque de frecuencias con una frecuencia portadora del primer conjunto mientras cumple con la regla de distribución y el intervalo de frecuencias mínimo entre las frecuencias portadoras de un mismo grupo de frecuencias portadoras distribuidas en un mismo bloque de frecuencias.

Según una variante de esta característica, cada segundo bucle iterativo comprende una etapa de correlación biyectiva de una frecuencia portadora de un primer grupo de frecuencias portadoras con la frecuencia portadora seleccionada del bloque de frecuencias seleccionado tan pronto como otra frecuencia portadora del primer grupo de frecuencias portadoras ha sido correlacionada de manera biyectiva con otra frecuencia portadora del bloque de frecuencias seleccionado durante un segundo bucle iterativo anterior.

Según otra característica de la primera implementación del procedimiento, el número de frecuencias portadoras de cada primer grupo de frecuencias portadoras es como máximo igual a la mitad del número de frecuencias portadoras de un bloque de frecuencias y la etapa de distribución comprende un bucle iterativo para seleccionar cada bloque de frecuencias de la banda de frecuencias que comprende una selección según la regla de distribución de dos primeros grupos de frecuencias portadoras pertenecientes al primer conjunto y una correlación biyectiva sucesivamente de una frecuencia portadora del bloque de frecuencias con alternativamente una frecuencia portadora de uno de los primeros dos grupos mientras cumple con el intervalo de frecuencias mínimo entre las frecuencias portadoras de un mismo grupo de frecuencias portadoras.

Según una segunda implementación del procedimiento de la invención, el procedimiento comprende las siguientes etapas sucesivas:

- 5 – la etapa de distribuir un primer conjunto de primeros grupos de frecuencias portadoras, asociados respectivamente con las estaciones base de banda estrecha, en el que cada primer grupo está distribuido con al menos otro primer grupo diferente en un mismo bloque de frecuencias virtual perteneciente a un conjunto de bloques de frecuencias virtuales mientras se cumple con un intervalo de frecuencias mínimo entre las frecuencias portadoras de un mismo grupo y mientras se cumple con la regla de distribución, en el que el conjunto de bloques de frecuencias virtuales comprende un número mayor o igual al número determinado de bloques de frecuencias de la banda de frecuencias, y
- 10 – una etapa de asociación para asociar cada bloque de frecuencias virtual con un bloque de frecuencias de la banda de frecuencias mientras se cumple con las reglas de reutilización de frecuencias portadoras.

15 La invención se refiere también a un sistema de radiocomunicación de banda estrecha que comparte con un sistema de radiocomunicación de banda ancha, en una misma zona geográfica, células de transmisión radioeléctrica, cada una de las cuales comprende una estación base de banda estrecha y una estación base de banda ancha y una misma banda de frecuencias, en el que la banda de frecuencias está dividida en parte en un número determinado de bloques de frecuencias, en el que cada uno comprende un número determinado de frecuencias portadoras a ser asignadas opcionalmente a las estaciones base de banda estrecha, tal como se define en la reivindicación 10.

20 La invención se refiere también a un dispositivo para planificar frecuencias portadoras para un sistema de radiocomunicación de banda estrecha que comparte con un sistema de radiocomunicación de banda ancha, en una misma zona geográfica, células de transmisión radioeléctrica, cada una de las cuales comprende una estación base de banda estrecha y una estación base de banda ancha, y una misma banda de frecuencias, en el que la banda de frecuencias está dividida en parte en un número determinado de bloques de frecuencias, cada uno de los cuales comprende un número determinado de frecuencias portadoras a ser asignadas opcionalmente a las estaciones base de banda estrecha, según se define en la reivindicación 9.

25 El dispositivo está caracterizado por que comprende unos medios para llevar a cabo las etapas de un procedimiento según la invención.

30 Por último, la invención se refiere a un programa informático según la reivindicación 11, que puede ser implementado en un dispositivo de planificación, en el que dicho programa comprende instrucciones que, cuando el programa es ejecutado en dicho dispositivo de planificación, realiza la planificación de las frecuencias portadoras, según el procedimiento de la invención, para un sistema de radiocomunicación de banda estrecha que comparte con un sistema de radiocomunicación de banda ancha, en una misma zona geográfica, células de transmisión radioeléctrica, cada una de las cuales comprende una estación base de banda estrecha y una estación base de banda ancha y una misma banda de frecuencias, en el que la banda de frecuencias está dividida en parte en un número determinado de bloques de frecuencias, cada uno de los cuales comprende un número determinado de frecuencias portadoras a ser asignadas opcionalmente a las estaciones base de banda estrecha.

35 Otras características y ventajas de la presente invención serán más claramente evidentes tras la lectura de la descripción siguiente de diversas realizaciones de la invención, proporcionadas a modo de ejemplos no limitativos, con referencia a los dibujos adjuntos correspondientes, en los que:

- 40 – La Figura 1, ya descrita, muestra esquemáticamente un sistema de radiocomunicación;
- Las Figuras 2A y 2B, ya descritas, muestran una representación de una asignación habitual de canales de frecuencia para un sistema de comunicación de banda ancha;
- La Figura 3A, ya descrita, muestra una representación de una asignación habitual de canales de frecuencia para un sistema de comunicación de banda estrecha;
- 45 – La Figura 3B, ya descrita, muestra una representación de una frecuencia portadora de un sistema de comunicación de banda estrecha;
- La Figura 4 muestra una representación de la asignación de frecuencias portadoras para un sistema de radiocomunicación de banda estrecha según la invención;
- 50 – La Figura 5 muestra un diagrama de bloques de un dispositivo de planificación de frecuencias portadoras del sistema de radiocomunicación que implementa el procedimiento de planificación de frecuencias según la invención;
- Las Figuras 6A, 6B y 6C muestran respectivamente tres variantes de un algoritmo para distribuir

frecuencias portadoras según una primera realización del procedimiento de la invención; y

- La Figura 7 muestra un algoritmo para distribuir frecuencias portadoras según una segunda realización del procedimiento de la invención.

5 A menos que se especifique lo contrario, los diversos elementos que aparecen en las diversas figuras conservan las mismas referencias.

10 El sistema de radiocomunicación de tipo FDD según la invención es bastante similar al sistema SY de radiocomunicación descrito anteriormente con referencia a la Figura 1 y comprende en una misma zona geográfica un primer sistema SY_{BB} de radiocomunicación de banda ancha y un segundo sistema SY_{NB} de radiocomunicación de banda estrecha que están desplegados en bandas ΔF_{SY_{BB}} y ΔF_{SY_{NB}} de frecuencias predeterminadas respectivas superpuestas parcial o totalmente y que constituyen una banda ΔF_{SY} de frecuencias común, considerada en la siguiente descripción como la banda de frecuencias del sistema SY. El sistema SY de radiocomunicación comprende una pluralidad de células C₁ a C_C, en el que cada C_C, con 1 ≤ c ≤ C, comprende estaciones BS_{BB,c}, BS_{NB,c} base primera y segunda, respectivamente, y estaciones MS₁ a MS_K móviles que se comunican con las estaciones base a través de los recursos de radio compartidos en la banda ΔF_{SY} de frecuencias común. Más particularmente, cada célula C_C comprende una primera estación BS_{BB,c} base de banda ancha capaz de comunicarse radioeléctricamente con las estaciones móviles en una red de radiocomunicación de banda ancha del primer sistema SY_{BB} de radiocomunicación. Cada célula C_C comprende también una segunda estación BS_{NB} base de banda estrecha capaz de comunicarse radioeléctricamente con las estaciones móviles en una red de radiocomunicación de banda estrecha del segundo sistema SY_{NB} de radiocomunicación.

15 La banda ΔF_{SY} de frecuencias comprende también una primera banda ΔF_{SY_e} de frecuencias para la emisión de comunicaciones de enlace descendente desde las estaciones BS_{BB,c} o BS_{NB,c} base a las estaciones móviles, suplementada con una segunda banda de frecuencias del mismo ancho ΔF_{SY_r}, denominada banda dúplex, para las recepciones de comunicaciones de enlace ascendente procedentes de las estaciones móviles por las estaciones BS_{BB,c} o BS_{NB,c} base. Estas dos bandas ΔF_{SY_e} y ΔF_{SY_r} de frecuencias están desplazadas por un intervalo dúplex ΔF_D. Más particularmente, en las comunicaciones de enlace descendente, la banda ΔF_{SY_e} de frecuencias está formada por la banda ΔF_{SY_{eBB}} de frecuencias del sistema SY_{BB} de radiocomunicación de banda ancha superpuesta total o parcialmente con la banda ΔF_{SY_{eNB}} de frecuencias del sistema SY_{NB} de radiocomunicación de banda estrecha. De manera similar, en las comunicaciones de enlace ascendente, la banda ΔF_{SY_r} de frecuencias está formada por la banda ΔF_{SY_{rBB}} de frecuencias del sistema SY_{BB} de radiocomunicación de banda ancha superpuesta total o parcialmente con la banda ΔF_{SY_{rNB}} de frecuencias del sistema SY_{NB} de radiocomunicación de banda estrecha. Debido a que el procedimiento de planificación de frecuencias según la invención es idéntico en cada una de las dos bandas ΔF_{SY_e}(ΔF_{SY_{eBB}}, ΔF_{SY_{eNB}}) y ΔF_{SY_r}(ΔF_{SY_{rBB}}, ΔF_{SY_{rNB}}) de frecuencias, en la descripción siguiente sólo se describe la distribución de frecuencias de los dos sistemas SY_{BB} y SY_{NB} en la primera banda ΔF_{SY_e} de frecuencias.

20 Tal como se ha descrito anteriormente, con referencia a las Figuras 2A y 2B, el sistema SY_{BB} de radiocomunicación de banda ancha es por ejemplo del tipo WIMAX ("Worldwide Interoperability for Microwave Access", interoperabilidad mundial para acceso a microondas) basado en una interfaz de aire según la norma IEEE 802.16, más particularmente según la norma 802.16m o por ejemplo la norma LTE ("Long Term Evolution", evolución a largo plazo) que emplea bandas ΔF_{SY_{BBe}} y ΔF_{SY_{BBr}} de frecuencias anchas, cada una típicamente mayor de un Megahercio, por ejemplo 1,25 MHz, 1,4 MHz, 3 MHz, 5 MHz, 10 MHz o 20 MHz.

25 Tal como se muestra en la Figura 2A, en el sistema SY_{BB} de radiocomunicación de banda ancha, la banda ΔF_{SY_{BBe}} de frecuencias predeterminada está dividida en J bloques BFe₁ a BFe_J de frecuencias, cada uno de ancho de banda ΔBF, típicamente de unos pocos cientos de Kilohercios, por ejemplo ΔBF = 180 kHz en el caso de un sistema según la norma LTE. Cada bloque BFe_j, con 1 ≤ j ≤ J, comprende N frecuencias Fe_{j,1}... Fe_{j,n}, ... Fe_{j,N} portadoras consecutivas y distribuidas regularmente, de ancho de canal ΔF = ΔF_{SY_e}/(JxN), con 1 ≤ n ≤ N. Por ejemplo, en el caso de la norma LTE, N es igual a 12 y el intervalo δF entre dos sub-portadoras consecutivas es igual a 15 kHz, de manera que ΔBF = N x δF = 12 x 15 kHz = 180 kHz.

30 Los recursos de radio son asignados a una estación BS_{BB,c} base para una alta transmisión de datos a (o desde) una estación móvil que funciona al menos en el modo de banda ancha. La Figura 2B es una ilustración de los recursos de radio compartidos por las estaciones BS_{BB} base de banda ancha en un canal de comunicación de enlace descendente en la banda ΔF_{SY_{BBe}} de frecuencias durante una trama TP de tiempo, y son similares en el canal de comunicación de enlace ascendente (no representado). Un canal de comunicación, enlace descendente (o enlace ascendente), del sistema LTE de banda ancha corresponde al conjunto de recursos en la banda ΔF_{SY_{BBe}} de frecuencias durante una trama TP de tiempo. Los recursos de radio son bloques de recursos, cada (BR_{j,tp}) definido en un bloque BFe_j de frecuencias durante una ventana tp de tiempo específica,

denominada paso de tiempo. Un canal de comunicación comprende sub-canales CNC comunes para la sincronización y la difusión de la información de sistema entre las estaciones base de banda ancha y sub-canales de transporte para intercambios de datos y de señalización entre las estaciones base y los terminales móviles. Los sub-canales comunes corresponden a un conjunto de bloques de recursos que se extienden sobre unos pocos bloques de frecuencias contiguos durante unos cuantos tiempos de símbolo y se repiten en parte en la trama TP de tiempo. Los otros bloques de recursos corresponden a los canales de transporte y se comparten entre las C estaciones $BS_{BB,1}$ a $BS_{BB,C}$ base del sistema SY_{BB} de radiocomunicación según un procedimiento conocido para asignar recursos. En el plan de frecuencias, varios bloques de frecuencias, por ejemplo bloques BFe_j a BFe_{j+5} con referencia a la Figura 2B, comprenden unos pocos bloques de recursos destinados para los sub-canales CNC y bloques de recursos destinados para los canales de transporte. Los otros bloques de frecuencias comprenden bloques de recursos destinados únicamente para los canales de transporte, por ejemplo, el bloque BFe_1 de frecuencias con referencia a la Figura 2B.

El sistema SY_{NB} de radiocomunicación de banda estrecha es por ejemplo un sistema TETRA ("TERrestrial Trunked RAdio") o TETRAPOL en el que el ancho δf de canal de cada frecuencia portadora es del orden de unos Kilociclos. A cada célula C_c , más particularmente a cada estación $SB_{NB,c}$ base de banda estrecha, se asignan uno o más grupos de frecuencias Ge_m portadoras con $1 \leq m \leq M$, de entre M grupos de frecuencias Ge_1 a Ge_M portadoras. Cada grupo de frecuencias Ge_m portadoras comprende F frecuencias $Fe_{m,1}$ a $Fe_{m,F}$ portadoras. El conjunto de frecuencias portadoras de cada grupo es disjuncto de un grupo a otro grupo. Un mismo grupo de frecuencias Ge_m portadoras pueden ser asignado a varias células mutuamente distantes para evitar cualquier interferencia de frecuencia.

Según esta configuración del sistema de comunicación, sólo los bloques de recursos asignados del sistema de comunicación de banda ancha que están dedicados a los canales de transporte interfieren con las frecuencias portadoras del sistema de comunicación de banda estrecha que están asignadas en la misma banda de frecuencias. Los bloques de recursos dedicados a los canales CNC comunes de un bloque de frecuencias del sistema de comunicación de banda ancha tienen interferencia despreciable en las frecuencias portadoras del sistema de comunicación de banda estrecha situadas en la misma banda de frecuencias, en el que la relación de la potencia media de la señal útil del sistema de banda estrecha a la potencia media de la señal de perturbación de los canales CNC comunes del sistema de banda ancha es mucho menor que el umbral de la relación señal/ruido perjudicial del sistema de comunicación de banda estrecha.

De hecho, suponiendo que la potencia de emisión del sistema de banda estrecha de tipo TETRAPOL es de 42 dBm por cada frecuencia portadora y que la potencia del sistema de banda ancha de tipo LTE es de 48 dBm sobre la totalidad de un canal de 1,080 MHz (denominado canal nominal de 1,4 MHz), la densidad de potencia de banda ancha justo durante la emisión de los canales CNC comunes es de aproximadamente 48 dBm/MHz, ya que éstos últimos ocupan prácticamente la totalidad de la banda de emisión (entre 62 y 72 portadoras de 15 kHz), pero sólo habrá 27 dBm en un filtro de recepción del sistema de comunicación de banda estrecha que tiene un ancho δb de banda de 8 kHz (reducido 48 dBm por la relación entre los anchos de banda de 1 MHz y 8 kHz, respectivamente, es decir, 21 dB). Además, la duración de emisión de los canales comunes es del orden del 5% del tiempo en comparación con la duración total de emisión de los canales de un sistema de banda ancha y la potencia media de los canales comunes se reduce en un factor cercano a 20 que corresponde a la relación de trabajo de su emisión en la trama de tiempo y por lo tanto es 13 dB más baja en promedio, es decir, una potencia de 14 dBm = 27 dBm - 13 dB en la banda para la recepción de la señal de perturbación por el sistema de comunicación de banda estrecha. La relación entre la señal útil de banda estrecha y la señal de perturbación de los canales comunes tiene un valor medio de 28 dB = 42 dBm - 14 dBm, es decir mucho más baja que el umbral de la relación señal/ruido perjudicial del sistema de banda estrecha, que en este caso es de 15 dB. Por el contrario, si los bloques de recursos dedicados a los canales de transporte incluidos en un bloque de frecuencias son asignados permanentemente a las comunicaciones de la estación BS_{BB} base de banda ancha, no se aplicará la atenuación debida a la relación de trabajo de la transmisión, la relación señal/ruido para condiciones de propagación idénticas será sólo de 15 dB = 42 dBm - 27 dBm, siendo insuficiente para evitar interferencias.

El procedimiento de planificación de frecuencias según la invención es implementado en un dispositivo DP de planificación mientras se instalan y se configuran las estaciones $SB_{NB,1}$ a $SB_{NB,C}$ base de banda estrecha respectivamente en las células C_1 a C_c . El dispositivo DP de planificación de frecuencias portadoras se describirá posteriormente con referencia a la Figura 5. El dispositivo DP establecerá una planificación PF de frecuencias para los grupos de frecuencias portadoras a ser asignados a las estaciones base de banda estrecha y distribuidos en la banda ΔF_{sy_e} de frecuencias para minimizar la interferencia entre los dos sistemas de comunicación, como una función de las tres reglas de distribución siguientes que caracterizarán el procedimiento.

Según la primera regla RR1 de distribución, el dispositivo DP de planificación distribuye en un bloque BFe_j de

frecuencias, la totalidad o parte del conjunto de frecuencias portadoras de un grupo G_{em} , sujeto al cumplimiento de la segunda regla RR2 de distribución descrita a continuación, considerándose dicho bloque de frecuencias interferido.

5 Según la segunda regla RR2 de distribución, para evitar interferencias entre las frecuencias portadoras de un mismo grupo G_{em} que está asignado a una o más células, debe cumplirse un intervalo Δf_e entre frecuencias mínimo entre cada una de las frecuencias portadoras sucesivas pertenecientes al mismo grupo G_{em} y distribuidas en un mismo bloque de frecuencias, según las reglas del estado de la técnica para asignar frecuencias portadoras en un sistema de comunicación de banda estrecha.

10 Según la tercera regla RR3 de distribución, un bloque BFe_j de frecuencias que está en parte interferido, es decir, algunas de las frecuencias de cuyo bloque de frecuencias no han sido asociadas todavía con células del sistema, se complementará con uno o más grupos de frecuencias portadoras seleccionados de manera que la zona geográfica interferida por la emisión de las estaciones base asociadas con los grupos de frecuencias portadoras distribuidas en el mismo bloque de frecuencias tenga un área de superficie interferida mínima.

15 Aplicando las reglas anteriores en el procedimiento de planificación, el dispositivo DP planifica en un mismo bloque BFe_j de frecuencias, por una parte, según la primera regla RR1 de distribución, las frecuencias portadoras que constituyen un grupo G_{em} de frecuencias a ser asignado a al menos una estación base de banda estrecha de una célula C_C , estando dichas frecuencias distribuidas en el bloque mientras se cumplen las restricciones del intervalo de frecuencias mínimo según la segunda regla RR2 de distribución y, por otra parte, según la tercera regla RR3 de distribución para agrupar en este mismo bloque BFe_j de frecuencias las frecuencias portadoras que constituyen uno o más grupos diferentes de frecuencias portadoras a ser asignadas a las estaciones base de banda estrecha de células que son diferentes de la célula C_C pero suficientemente cercanas a esta última. Por consiguiente, este bloque BFe_j de frecuencias está completamente interferido por las frecuencias portadoras a ser asignadas a las estaciones base de banda estrecha pertenecientes a la célula C_C y a las células adyacentes a C_C , en el que otros bloques de frecuencias de la banda de frecuencias del sistema de radiocomunicación no están interferidos por estas frecuencias portadoras y entonces pueden ser usados por las estaciones base de banda ancha de la célula C_C . En los bloques de frecuencias no interferidos, o solo muy ligeramente interferidos, por las frecuencias de la célula C_C , las frecuencias portadoras de las estaciones base de banda estrecha de las células geográficamente alejadas desde la célula C_C pueden ser distribuidas también sin interferir en las comunicaciones de banda ancha de la estación base de banda ancha de la célula C_C .

Una vez establecida la planificación PF de frecuencias, que asocia cada estación base de banda estrecha del sistema de radiocomunicación de banda estrecha con al menos un grupo de frecuencias portadoras de entre varios grupos de frecuencias portadoras distribuidas por bloque de frecuencias sobre la banda de frecuencias según las reglas de distribución anteriores, el dispositivo DP transmite la planificación PF a un operador del sistema de radiocomunicación de manera que asigna frecuencias portadoras de la banda de frecuencias a cada estación base de banda estrecha según lo planificado en la planificación PF de frecuencias.

La Figura 4 ilustra un ejemplo de distribución según las reglas RR1, RR2 y RR3 de distribución en un bloque BFe_j de frecuencias de un primer grupo G_{em} de ocho frecuencias $f_{e,m,1}$ a $f_{e,m,8}$ portadoras asignado a una primera estación base de banda estrecha de una primera célula C_C y de un segundo grupo G_{em+1} de ocho frecuencias $f_{e,m+1,1}$ a $f_{e,m+1,8}$ portadoras asignado a una segunda estación base de banda estrecha de una segunda célula C_{C+1} adyacente a la primera célula C_C . Las dos estaciones base pertenecen a un sistema SY_{NB} de comunicación de banda estrecha de tipo TETRAPOL, cada frecuencia del mismo con un ancho δf de canal de 10 KHz, un ancho δb de banda de 8 KHz y un intervalo de frecuencias mínimo entre cada frecuencia de un mismo grupo Δf_e de 20 KHz. El sistema SY_{BB} de comunicación de banda ancha situado en la misma banda de frecuencias que el sistema SY_{NB} de comunicación de banda estrecha es de tipo LTE y posee un ancho $\Delta F_{sye_{BB}}$ espectral de 1,4 Mhz con un ancho ΔBF_j de bloque de frecuencias igual a 180 KHz. Tal como se representa en la Figura 4, los dos grupos G_{em} y G_{em+1} de frecuencias portadoras se entrelazan intercalando alternativamente una frecuencia portadora del primer grupo con una frecuencia portadora del segundo grupo para cumplir con el intervalo de frecuencias mínimo $\Delta f_e = 20$ KHz según la segunda regla RR2 de distribución. En la Figura 4, un bloque BFe_j de frecuencias según el sistema LTE de un ancho total de 180 kHz corresponde a la unión de 18 frecuencias portadoras, denominadas $Fe_{j,0}$ a $Fe_{j,17}$, del sistema de banda estrecha con un ancho δf de canal de 10 kHz. El primer grupo G_{em} asignado a la primera célula C_C comprende las portadoras impares indicadas por $Fe_{j,1}$ a $Fe_{j,15}$ y el segundo grupo G_{em+1} asignado a la segunda célula C_{C+1} comprende las portadoras pares denominadas $Fe_{j,2}$ a $Fe_{j,16}$. La distribución de cada grupo de frecuencias portadoras en un bloque de frecuencias satisface la restricción de frecuencia del intervalo Δf_e de frecuencias mínimo igual a 20 kHz entre dos frecuencias sucesivas pertenecientes a un mismo grupo. Las dos últimas frecuencias portadoras pueden ser asignadas a otras células del sistema SY de radiocomunicación mientras se cumple con las reglas RR1, RR2 y RR3 de distribución.

Cabe señalar que, si fuera necesario asignar más de ocho frecuencias portadoras a una estación base del sistema de banda estrecha, sería posible hacerlo asignando por separado dos grupos de ocho frecuencias portadoras pertenecientes a dos bloques de frecuencias diferentes, contiguos o no, en el que la ausencia de asignación de las portadoras $F_{e_{i,0}}$ y $F_{e_{i,17}}$ en el caso anterior garantiza que, independientemente del caso del que se trate, siempre se cumplirá la restricción de intervalo de frecuencias mínimo entre las portadoras de dos grupos pertenecientes a bloques de frecuencias diferentes.

Con referencia a la Figura 5, el procedimiento de planificación de frecuencias es implementado en el dispositivo DP de planificación que comprende una unidad UA de asociación para asociar grupos de frecuencias portadoras con células del sistema SY según las reglas RU de reutilización, una unidad UR de distribución para distribuir grupos de frecuencias portadoras en bloques de frecuencias según un algoritmo AG y las reglas RR1, RR2 y RR3 de distribución y una memoria ME que comprende en particular la planificación PF de frecuencias para los grupos de frecuencias portadoras a ser asignados a las estaciones base del sistema de radiocomunicación de banda estrecha, distribuidos en base al bloque de frecuencias del sistema de radiocomunicación de banda ancha, en el que la planificación PF es el resultado del procedimiento de planificación según la invención. Las unidades UA, UR y ME del dispositivo DP están representadas en forma de bloques funcionales, la mayoría de los cuales aseguran funciones que tienen relación con la invención y pueden corresponder a módulos de software implementados en al menos un procesador y/o módulos de hardware dedicados y/o programables.

La unidad ME de almacenamiento comprende también información acerca de las bandas $\Delta F_{sy_{BB}}$ y $\Delta F_{sy_{NB}}$ de frecuencias del sistema de radiocomunicación, el número F de frecuencias portadoras por cada grupo de frecuencias portadoras a ser asociadas con cada célula, el valor del intervalo Δf_e de frecuencias mínimo, el número J de bloques de frecuencias distribuidos en la banda de frecuencias del sistema $\Delta F_{sy_{BB}}$ de banda ancha y el número N de frecuencias portadoras por cada bloque de frecuencias.

El dispositivo puede comprender también una interfaz de comunicación para transmitir la planificación PF de frecuencias al sistema SY de radiocomunicación de manera que el operador del sistema implemente las asignaciones de frecuencias por cada célula según la planificación PF.

El dispositivo de planificación puede ser, por ejemplo, un servidor conectado a través de una red de paquetes al sistema SY de radiocomunicación.

La unidad UR de distribución comprende, por ejemplo, uno o más procesadores que controlan la ejecución de un algoritmo AG de distribución que tiene en cuenta las reglas RR1, RR2 y RR3 de distribución.

La unidad UA de asociación comprende, por ejemplo, uno o más procesadores que controlan la ejecución de un algoritmo de asociación que tiene en cuenta las reglas RU de reutilización de frecuencias.

La memoria ME es un medio de grabación en el que pueden grabarse programas. La memoria ME está conectada a las unidades UR y UA a través de un bus BU bidireccional y comprende memorias volátiles y/o no volátiles tales como memorias EEPROM, ROM, PROM, RAM, DRAM, SRAM, etc. Los algoritmos que implementan el procedimiento de planificación están almacenados en la memoria ME.

El procedimiento para planificar frecuencias portadoras a ser asignadas a las estaciones base de banda estrecha del sistema SY de radiocomunicación es implementado según varias realizaciones de la invención descritas más detalladamente a continuación. Cada realización comprende dos etapas principales: una etapa EA de asociación de grupos de frecuencias portadoras con células del sistema y ejecutada por la unidad UA de asociación del dispositivo DP y una etapa ER de distribución de los grupos de frecuencias en bloques de frecuencias, ejecutada por la unidad UR de distribución del dispositivo DP. Según la primera realización, las etapas son ejecutadas en un primer orden, EA y después ER. Según la segunda realización, las etapas son ejecutadas en el orden inverso, ER y después EA.

La etapa EA de asociación de grupos de frecuencias portadoras con estaciones base de banda estrecha del sistema consiste en asociar un mismo grupo de frecuencias portadoras con estaciones base de banda estrecha del sistema SY de radiocomunicación mientras se cumple con las reglas RU de reutilización conocidas por la persona con conocimientos en la materia y aplicadas a los sistemas de radiocomunicación de banda estrecha, en el que todas las estaciones base de banda estrecha del sistema deben ser asociadas con al menos un grupo de frecuencias portadoras.

La etapa ER de distribución de las frecuencias portadoras en bloques de frecuencias consiste más particularmente en distribuir, en los mismos bloques de frecuencias, grupos de frecuencias portadoras asociados con las estaciones base de banda estrecha cuya superficie interferida por la emisión de dichas estaciones base de banda estrecha asociadas con grupos de frecuencias portadoras distribuidas en un mismo

bloque de frecuencias es un mínimo, mediante la aplicación de las reglas RR1, RR2 y RR3 de distribución según la invención.

El procedimiento comprende, además, después de la ejecución de las dos etapas EA y ER, el establecimiento de una planificación de frecuencias que asocia cada estación base de banda estrecha del sistema de radiocomunicación de banda estrecha con al menos un grupo de frecuencias portadoras de entre diversos grupos de frecuencias portadoras distribuidos por cada bloque de frecuencias sobre la banda de frecuencias según las reglas de distribución.

Según la primera realización del procedimiento de planificación, en la etapa EA de asociación, la unidad UA de asociación del dispositivo DP de planificación determina un primer conjunto A de primeros grupos de frecuencias A_1 a A_M , en el que cada primer grupo A_m , con $1 \leq m \leq M$, está asociado con una o más células del sistema SY de radiocomunicación según las reglas RU de reutilización de frecuencias. A cada primer grupo de frecuencias A_m se le asigna un conjunto de F frecuencias $f_{m,1}$ a $f_{m,F}$ mientras se cumple con un intervalo Δf_e de frecuencias mínimo entre cada frecuencia $f_{m,f}$ del grupo A_m de frecuencias. Cada conjunto de frecuencias es disjunto de un primer grupo de frecuencias a otro primer grupo de frecuencias. En el caso en el que varios primeros grupos de frecuencias son asignados a una célula C_C , el conjunto de frecuencias correspondiente a la unión de los conjuntos de frecuencias que conforman los primeros grupos asignados a la célula cumple con el intervalo Δf_e de frecuencias mínimo. Las reglas RU de reutilización consisten en asociar uno o más primeros grupos de frecuencias de entre los M primeros grupos de frecuencias con cada célula C_C del sistema SY de radiocomunicación, en el que posiblemente un mismo primer grupo de frecuencias está asociado con varias células diferentes alejadas geográficamente entre sí por una separación determinada, evitando la interferencia de frecuencias entre estas células. Estas restricciones de reutilización implican sólo interferencia de canal compartido.

En la etapa ER de distribución, la unidad UR de distribución del dispositivo DP correlaciona de manera biyectiva cada frecuencia portadora de uno de los primeros grupos del conjunto con una frecuencia portadora de un bloque de frecuencias mientras cumple, por un lado, con las reglas de distribución y, por otro lado, con un intervalo de frecuencias mínimo entre las frecuencias portadoras de un mismo primer grupo de frecuencias portadoras correlacionadas de manera biyectiva con frecuencias portadoras de un mismo bloque de frecuencias. Más particularmente, la unidad UR de distribución del dispositivo DP determina un segundo conjunto Ge de M segundos grupos de frecuencias Ge_1 a Ge_M portadoras, en el que las frecuencias portadoras de cada grupo Ge_m están distribuidas, entre otras cosas, preferiblemente en un bloque BF_{e_j} de frecuencias mientras se cumple con un intervalo de frecuencias mínimo entre las frecuencias portadoras de un mismo segundo grupo incluidas en un mismo bloque de frecuencias. Según la primera realización, la etapa de distribución comprende también una correlación φ biyectiva de las frecuencias de cada grupo del primer conjunto A con las frecuencias de cada grupo del segundo conjunto Ge haciendo posible de esta manera asociar las frecuencias de los M grupos del conjunto Ge con las células del sistema SY de una manera idéntica a la asociación de las frecuencias respectivamente de los M grupos del conjunto A según la etapa EA de asociación teniendo en cuenta las reglas RU de reutilización y las reglas RR1, RR2 y RR3 de distribución. Más precisamente, el segundo conjunto Ge de segundos grupos de frecuencias Ge_1, \dots, Ge_M con $1 \leq m \leq M$ se determina de manera que el primer conjunto $A[A_1 \cup \dots \cup A_M]$ y el segundo conjunto $Ge[Ge_1 \cup \dots \cup Ge_M]$ sean biyectivos entre sí. De esta manera, se determina una correlación φ biyectiva por biyección de las frecuencias del primer conjunto $A[A_1 \cup \dots \cup A_M]$ con las frecuencias del segundo conjunto $Ge[Ge_1 \cup \dots \cup Ge_M]$ mientras se cumplen las reglas RU de reutilización y las reglas RR1, RR2 y RR3 de planificación: $\varphi(A) = Ge$.

Según la primera realización de la invención, las macro-células M_1, \dots, M_M de la red de banda estrecha están definidas de manera que todas las células que comprenden una estación base de banda estrecha que está asociada con un primer grupo de frecuencias A_m constituyen la macro-célula M_m , en la que cada macro-célula M_m comprende entonces todas las células cuyo grupo A_m de frecuencias respectivo está asociado. Los diversos emisores de banda estrecha de cada una de las macro-células conservan todas las características heredadas de las células correspondientes, en particular las características de los sistemas de antena (en particular, patrones de radiación) y las potencias de emisión.

Las Figuras 6A, 6B y 6C detallan más particularmente la etapa ER de distribución de frecuencias según tres algoritmos AG1, AG2 y AG3 iterativos diferentes respectivamente, la principal iteración $B1_1$ de los cuales corresponde a cada procesamiento de un nuevo bloque de frecuencias diferente de la banda $\Delta F_{s_{y_{BB}}}$ de frecuencias. Con cada iteración en uno de estos algoritmos, es decir con cada nuevo bloque de frecuencias seleccionado por la unidad UR de distribución del dispositivo DP según la invención, se ejecutan las correlaciones biyectivas de frecuencias portadoras del conjunto A con frecuencias del nuevo bloque de frecuencias seleccionado considerado como el bloque de frecuencias sometido a procesamiento, en el que las frecuencias portadoras del bloque de frecuencias sometidas a procesamiento pertenecen al segundo conjunto Ge. Los bloques de frecuencias cuyas frecuencias ya han sido correlacionadas de manera biyectiva con

frecuencias portadoras del conjunto A se consideran procesados.

La etapa ER de distribución según el primer algoritmo AG = AG1, con referencia a la Figura 6A, comprende las etapas S100 a S108. El algoritmo AG1 comprende el primer bucle B1₁ iterativo que hace posible seleccionar cada bloque de frecuencias de la banda ΔF_{syBB} de frecuencias y comprende un segundo bucle B2₁ iterativo incluido en el primer bucle B1₁ para seleccionar, a partir del bloque BFe_j de frecuencias, cada frecuencia portadora f_{g_{m,f}} = Fe_{j,n} a ser correlacionada de manera biyectiva con una frecuencia fa_{m,f} del conjunto A, con 1 ≤ f ≤ F, mientras se cumple con las reglas RR1, RR2 y RR3 de distribución.

En la etapa S100, el dispositivo DP define un tercer conjunto Y que comprende las frecuencias portadoras del conjunto A que todavía no han sido procesadas, es decir que todavía no han sido correlacionadas de manera biyectiva con una frecuencia Fe_{j,n} del conjunto Ge. El conjunto Y se almacena en la memoria ME del dispositivo DP e inicialmente es igual al conjunto A.

En la etapa S101, la unidad UR ejecuta el primer bucle B1₁ iterativo y verifica si la banda ΔF_{syBB} de frecuencias comprende o no al menos un bloque BFe_j de frecuencias libre, es decir, todavía no procesado. Si se han procesado todos los bloques de frecuencias, ningún bloque de frecuencias está libre, el procedimiento de asignación se detiene en la etapa S102. En la etapa S102, si todavía hay frecuencias portadoras del conjunto A que no han sido distribuidas sobre la banda ΔF_{sy} de frecuencias, están en exceso con respecto a la banda de frecuencias del sistema ΔF_{syBB} de banda ancha y por lo tanto deben ser distribuidas fuera de esta banda de frecuencias. Esto puede realizarse según cualquier procedimiento conocido por la persona con conocimientos en la técnica. En este caso, la banda ΔF_{syBB} de frecuencias del sistema SY_{BB} de radiocomunicación de banda ancha solapa solamente una parte de la banda ΔF_{syNB} de frecuencias del sistema SY_{NB} de radiocomunicación de banda estrecha que es más grande.

En la etapa S101, si todavía hay algunos bloques de frecuencias libres en la banda de frecuencias, la unidad UR selecciona uno de ellos, bien de una manera sucesiva, incrementando una variable asociada con cada índice j de los bloques BFe_j, o bien de manera aleatoria.

En la etapa S103, el dispositivo DP define un cuarto conjunto X inicialmente vacío, que comprende las frecuencias portadoras del conjunto A que ya han sido correlacionadas de manera biyectiva con frecuencias Fe_{j,n} portadoras del bloque BFe_j de frecuencias. Con cada selección de un nuevo bloque de frecuencias, el conjunto X se inicializa al conjunto vacío. El conjunto X se almacena en la memoria ME.

En la etapa S104, la unidad UR ejecuta el segundo bucle B2₁ iterativo, verificando si todas las frecuencias portadoras del bloque BFe_j de frecuencias han sido procesadas. Si las frecuencias del bloque BFe_j no han sido procesadas, la unidad UR selecciona una de ellas Fe_{j,n}, bien de una manera sucesiva incrementando una variable asociada con cada índice n de las frecuencias Fe_{j,n}, o bien de una manera aleatoria. Si todas las N frecuencias Fe_{j,1} a Fe_{j,N} del bloque BFe_j de frecuencias ya han sido seleccionadas, el segundo bucle B2₁ iterativo se detiene y el primer bucle B1₁ vuelve a iterarse en la etapa S105 para seleccionar un nuevo bloque de frecuencias en la etapa S104.

Durante la selección de una nueva frecuencia Fe_{j,n} portadora en el bloque BFe_j de frecuencias, la unidad UR selecciona en la etapa S106, una frecuencia fa_{m,f} portadora en el conjunto Y que cumple con las dos condiciones CD1₁ y CD2₁ de distribución relativas a las normas RR1, RR2 y RR3 de distribución.

Según la primera condición CD1₁ que se refiere más particularmente a las reglas RR1 y RR3, la frecuencia fa_{m,f} portadora debe ser seleccionada de manera que la interferencia de frecuencia emitida por las macro-células asociadas con la frecuencia fa_{m,f} y con las frecuencias del conjunto X (es decir, las frecuencias ya distribuidas en el bloque BFe_j de frecuencias), corresponde al área S_{lmin} de superficie interferida mínima. La unidad UR determina el área de superficie interferida por medio de procedimientos de predicción de propagación de frecuencia conocidos por la persona con conocimientos en la técnica para cada frecuencia del conjunto Y, y selecciona la frecuencia fa_{m,f} asociada con la menor área de superficie interferida y que cumple también con la condición CD2₁. La condición CD1₁ hace posible reducir la elección de las frecuencias a seleccionar del conjunto Y. Las siguientes pueden seleccionarse, con respecto a la condición CD1₁:

- por una parte, las frecuencias asignadas a las primeras células para las que también se asignan frecuencias portadoras ya distribuidas en el bloque BFe_j, cumpliéndose implícitamente la primera regla RR1 de distribución, y
- por otro lado, las frecuencias asignadas a las células próximas a las primeras células mediante el cumplimiento de la tercera regla RR3 de distribución según el área de superficie interferida mínima.

Según la segunda condición CD2₁, que se refiere más particularmente a la segunda regla RR2 de distribución,

la frecuencia $f_{m,f}$ debe seleccionarse de manera que para cualquier frecuencia $F\alpha$ perteneciente al conjunto X de frecuencias distribuidas en el bloque BFe_j de frecuencias y está asociada (junto con la frecuencia $f_{m,f}$) con una misma célula de una macro-célula, cada frecuencia $\varphi(F\alpha)$ del bloque BFe_j de frecuencias correspondiente de manera biyectiva a cada frecuencia $F\alpha$ cumple con la restricción del intervalo Δf_e de frecuencias mínimo con respecto a la frecuencia $Fe_{j,n}$ y según la regla RR2 de distribución. Esta condición $CD2_1$ hace posible verificar que las frecuencias portadoras pertenecientes al mismo grupo de frecuencias y distribuidas en un mismo bloque de frecuencias están separadas entre sí por un intervalo Δf_e de frecuencias mínimo para evitar cualquier interferencia de frecuencia entre frecuencias asociadas con una misma célula.

En la etapa S107, la unidad UR correlaciona de manera biyectiva la frecuencia $f_{m,f}$ con la frecuencia $Fe_{j,n}$: $\Phi(f_{m,f}) = Fe_{j,n}$, en el que la frecuencia $f_{m,f}$ pertenece al primer conjunto A de frecuencias portadoras y la frecuencia $Fe_{j,n}$ pertenece al segundo conjunto Ge. La correlación se almacena en la memoria ME del dispositivo DP. Los conjuntos X e Y se actualizan de manera que la frecuencia $f_{m,f}$ es incluida en el conjunto X ($X = X \cup \{f_{m,f}\}$) y es excluida del conjunto Y ($Y = Y - \{f_{m,f}\}$). Al final de la etapa S107, la unidad UR repite el segundo bucle $B2_1$ en la etapa S108 que vuelve a la etapa S104, para seleccionar una nueva frecuencia portadora del bloque BFe_j de frecuencias.

Una vez que todos los bloques de frecuencias han sido procesados y todas las frecuencias portadoras del conjunto A han sido distribuidas en la banda ΔF_{sy} de frecuencias del sistema SY, el dispositivo DP establece una planificación PF de frecuencias que asocia para cada célula C_c del sistema SY uno o más grupos de frecuencias del conjunto Ge según las reglas RU de reutilización, en el que los grupos de frecuencias se distribuyen por cada bloque de frecuencias según las reglas RR1, RR2 y RR3 de distribución.

El dispositivo DP transmite la planificación PF de frecuencias al sistema SY de radiocomunicación que asignará a cada estación base de banda estrecha los grupos de frecuencias planificados en la planificación PF de frecuencias.

El algoritmo AG1 proporciona una definición óptima de una planificación de frecuencias que minimiza el número de bloques de frecuencias interferidos por grupos de frecuencias asignados a estaciones base de banda estrecha de células adyacentes del sistema SY de radiocomunicación, mientras cumple las restricciones de intervalo de frecuencias entre las frecuencias portadoras del sistema de banda estrecha. Sin embargo, con el fin de satisfacer la condición $CD1_1$ de la etapa S106, requiere en cada segundo bucle $B2_1$ iterativo una re-determinación del área de superficie interferida para cada frecuencia portadora del conjunto Y.

El algoritmo AG2 con referencia a la Figura 6B disminuye de manera consecutiva la complejidad del algoritmo AG1 mediante la reducción del número de re-determinaciones del área SI de superficie interferida para cada frecuencia del conjunto Y. De hecho, si durante la etapa S106 el conjunto X ya contiene una frecuencia $F\alpha$ perteneciente a un grupo A_m del conjunto A, si las frecuencias $\varphi(F\alpha)$ y $Fe_{j,n}$ cumplen con la restricción de intervalo Δf_e mínimo y si las frecuencias portadoras del grupo A_m no han sido procesadas, por ejemplo una frecuencia $f_{m,f}$, entonces esta frecuencia $f_{m,f}$ satisface de manera bastante obvia la primera condición $CD1_1$ de la etapa S106 ya que las superficies interferidas por la emisión de las frecuencias del conjunto X y del conjunto X que incluye la frecuencia $f_{m,f}$ son iguales por construcción.

La etapa ER de distribución según el segundo algoritmo $AG = AG2$, con referencia a la Figura 6B, comprende las etapas S200 a S210. En comparación con el algoritmo AG1, el algoritmo AG2 comprende también un primer bucle $B1_1$ iterativo y un segundo bucle $B2_1$ iterativo. Las etapas de selección de un bloque BFe_j de frecuencias (S202, S203 y S205) son similares a las etapas del algoritmo AG1 (respectivamente S102, S103 y S105), así como las etapas de seleccionar una frecuencia $Fe_{j,n}$ portadora del bloque BFe_j de frecuencias (S204 y S208) son similares a las etapas del algoritmo AG1 (respectivamente S104 y S108) y por lo tanto no se describen.

En la etapa S200, la unidad UR de distribución define un cuarto conjunto Z, inicialmente vacío, destinado a comprender las frecuencias portadoras del conjunto A que todavía no han sido procesadas pero que pertenecen a grupos de frecuencias sometidos a procesamiento, es decir que comprenden al menos una frecuencia correlacionada de manera biyectiva con una frecuencia del bloque BFe_j de frecuencias.

Después de la selección de una frecuencia $Fe_{j,n}$ del bloque BFe_j de frecuencias en la etapa S204, la unidad UR de distribución verifica, en la etapa S209, si el conjunto Z comprende o no una frecuencia $f_{m,f}$ que cumple una tercera condición $CD3$. Según esta condición $CD3$, la frecuencia $f_{m,f}$ portadora debe ser seleccionada de manera que para cualquier frecuencia $F\alpha$ perteneciente al conjunto X de las frecuencias distribuidas en el bloque BFe_j de frecuencias y pertenecientes (junto con la frecuencia $f_{m,f}$) a un mismo grupo A_m de frecuencias, en el que cada frecuencia $\varphi(F\alpha)$ del bloque BFe_j de frecuencias que corresponde de manera biyectiva a cada frecuencia $F\alpha$ cumple la restricción del intervalo Δf_e de frecuencia mínimo con respecto a la frecuencia $Fe_{j,n}$

según la regla RR2 de distribución. En la etapa S210, el conjunto Z es actualizado de manera que la frecuencia $f_{m,f}$ es excluida del conjunto Z. A continuación, la unidad UR ejecuta la etapa S207 que es similar a la etapa S107 del primer algoritmo AG1.

5 Si en la etapa S209, el conjunto Z no comprende ninguna frecuencia $f_{m,f}$ que cumple la condición CD3, la unidad UR ejecuta la etapa S206 que es similar a la etapa S106 del primer algoritmo AG1 añadiendo una actualización del conjunto Z. En la etapa S206, la unidad UR selecciona una frecuencia $f_{m,f}$ que cumple las condiciones $CD1_1$ y $CD2_1$ y que pertenece a un grupo de frecuencias A_m que todavía no ha sido procesado. Al final de la etapa S206, la unidad UR actualiza el conjunto Z de manera que el conjunto Z comprende también todas las frecuencias no procesadas del grupo de frecuencias A_m , es decir todas las frecuencias del grupo A_m excluyendo la frecuencia $f_{m,f}$. A continuación, la unidad de distribución ejecuta la etapa S207.

Una vez que todos los bloques de frecuencias han sido procesados y todas las frecuencias portadoras del conjunto A han sido distribuidas en la banda ΔF_{sy} de frecuencias del sistema SY, el dispositivo DP establece la planificación PF de frecuencias y la transmite al sistema SY de radiocomunicación.

15 Según una tercera variante, el algoritmo AG3 se simplifica mucho, en el caso en que el sistema de radiocomunicación de banda estrecha es un sistema TETRAPOL con un ancho de canal y un intervalo entre portadoras de 10 kHz, con grupos de $F = 8$ frecuencias portadoras (podrían contener 9 frecuencias, pero este casi nunca es el caso en la práctica) y con un intervalo Δf_{er} de frecuencias mínimo igual a 20 kHz. En ese caso, el número de frecuencias portadoras, $F = 8$, de cada grupo de frecuencias portadoras es como máximo igual a la mitad del número de frecuencias portadoras de un bloque de frecuencias, $N = 18$.

20 Si después de dos iteraciones $B1_1$ la unidad de distribución selecciona dos frecuencias portadoras que debido a la restricción Δf_e pertenecen a diferentes grupos de frecuencias portadoras, entonces todas las frecuencias portadoras de estos grupos serán seleccionadas de manera alterna durante las etapas siguientes.

25 Teniendo en cuenta que el límite de llenado para el ensayo de la etapa S204 está fijado en 16 frecuencias portadoras en lugar de un valor máximo de 18 frecuencias portadoras, el algoritmo equivale a seleccionar pares de grupos de frecuencias para correlacionarlos de manera biyectiva con las frecuencias de un bloque de frecuencias según a la Figura 4.

La etapa ER de distribución según el tercer algoritmo $AG = AG3$, con referencia a la Figura 6C, comprende las etapas S300 a S307. En comparación con los algoritmos AG1 y AG2, el algoritmo AG3 no comprende ningún segundo bucle $B2_1$ iterativo y los conjuntos X, Y y Z.

30 En la etapa S300, la unidad UR de distribución define un quinto conjunto W que comprende los grupos de $F = 8$ frecuencias del conjunto A que no fue procesado por la unidad UR. El conjunto W es inicialmente igual al conjunto A y se almacena en la memoria ME.

35 En la etapa S301, la unidad ejecuta el bucle $B1_1$ iterativo verificando si la banda $\Delta F_{sy_{BB}}$ de frecuencias comprende o no al menos un bloque BFe_j de frecuencias libre, como en las etapas S101 y S201 respectivamente de los algoritmos AG1 y AG2. Si se han procesado todos los bloques de frecuencias, el procedimiento de asignación se detiene en la etapa S302 que es similar a las etapas S102 y S202 respectivamente de los algoritmos AG1 y AG2.

40 En la etapa S301, si todavía hay algunos bloques de frecuencias libres en la banda de frecuencias, la unidad UR selecciona uno de los mismos y ejecuta la etapa S306. En la etapa 306, la unidad UR selecciona dos grupos de frecuencias A_k y A_p (con los índices $k \neq p$, $1 \leq k \leq M$ y $1 \leq p \leq M$), cada uno de los cuales comprende $F = 8$ frecuencias portadoras $f_{k,0}, \dots, f_{k,F-1}$ respectivamente $f_{p,0}, \dots, f_{p,F-1}$, ambos pertenecientes al conjunto W y que cumplen con una cuarta condición CD4.

45 Según la condición CD4, que se refiere más particularmente a las reglas RR1 y RR3, los grupos A_k y A_p se seleccionan de manera que la interferencia de frecuencia emitida por las macro-células cuyos grupos de frecuencias A_k y A_p portadoras han sido asociados (en la etapa EA), corresponde al área de superficie interferida S_{min} más pequeña. La unidad UR determina el área de superficie interferida por medio de procedimientos de predicción de propagación de frecuencia conocidos por la persona con conocimientos en la técnica para cada par de grupos de frecuencias portadoras pertenecientes al conjunto W, y selecciona el par (A_k, A_p) de grupos de frecuencias que está asociado con la menor superficie interferida.

50 Al final de la etapa S306, la unidad UR ejecuta la etapa S307 y correlaciona de manera biyectiva cada frecuencia $f_{k,f}$ del primer grupo A_k de frecuencias con una frecuencia de índice par $F_{e_{n,2f}}$ del bloque BFe_j de frecuencia: $\Phi(f_{k,f}) = F_{e_{n,2f}}$, y cada frecuencia $f_{p,f}$ del segundo grupo A_p de frecuencias con una frecuencia de índice impar $F_{e_{n,2f+1}}$ del bloque BFe_j de frecuencias: $\Phi(f_{p,f}) = F_{e_{n,2f+1}}$, con $0 \leq f \leq F-1$, y el bloque BFe_j de

frecuencias que comprende las frecuencias $Fe_{j,0}$ a $Fe_{j,17}$. Las correlaciones se almacenan en la memoria ME del dispositivo DP. El conjunto W se actualiza de manera que los grupos A_k y A_p de frecuencias se excluyen del conjunto W ($W = W - \{A_k, A_p\}$). Al final de la etapa S307, la unidad UR repite el bucle $B1_1$ en la etapa S308 que vuelve a la etapa S301, para seleccionar un nuevo bloque de frecuencias.

- 5 Una vez que todos los bloques de frecuencias han sido procesados y todas las frecuencias portadoras del conjunto A han sido distribuidas en la banda ΔF_{sy} de frecuencias del sistema SY, el dispositivo DP establece la planificación PF de frecuencias.

Este algoritmo es ligeramente sub-óptimo, ya que sólo se distribuyen 16 frecuencias portadoras a lo largo de las 18 frecuencias portadoras disponibles del bloque de frecuencias. Sin embargo, es simple y rápido de ejecutar.

- 10 Como una variante, el algoritmo AG3 puede ser simplificado de nuevo observando que cada grupo de frecuencias portadoras se selecciona sólo una vez a lo largo de la ejecución del algoritmo y que la cuarta condición CD4 puede ser reemplazada por la condición CD5 que es: la intersección de las superficies interferidas por la interferencia de frecuencia emitida por las macro-células asociadas con los grupos de frecuencias de A_k y A_p es un máximo.

- 15 Según una última variante simplificadora del algoritmo AG3, pueden usarse matrices de interferencia bien conocidas por la persona con conocimientos en la técnica para cada macro-célula M_m . Considerando que la fila de la matriz de interferencia de una macro-célula contiene el grupo de frecuencias A_k , es decir, el porcentaje de las diversas células interferidas por la macro-célula que contiene este grupo A_k , y que la fila correspondiente de la matriz de interferencia para la macro-célula contiene el grupo de frecuencias A_p , el producto escalar de los correspondientes vectores de fila proporciona una buena aproximación del grado de superposición de las superficies interferidas por estos dos conjuntos de células y por lo tanto de la naturaleza de su intersección. En el algoritmo AG, la condición CD4 se reemplaza entonces con la siguiente condición: el producto escalar de las filas de la matriz de interferencia correspondiente a las macro-células que contienen las frecuencias portadoras de los grupos A_k y A_p es un máximo.
- 20

- 25 Estos diversos algoritmos AG1, AG2 y AG3 hacen posible realizar una primera realización del procedimiento según la invención cuando se ha establecido una asociación previa de las frecuencias portadoras del sistema de banda estrecha para cada célula C_c del sistema SY.

- Según la segunda realización del procedimiento de planificación, el dispositivo DP de planificación define un primer conjunto B de C grupos de frecuencias B_1 a B_C portadoras asociados respectivamente con las C células del sistema SY de radiocomunicación y en el que cada grupo comprende frecuencias portadoras, denominadas frecuencias "virtuales" diferentes. Las frecuencias portadoras virtuales pueden corresponder, por ejemplo, a nombres de frecuencias que se asociarán posteriormente con frecuencias portadoras de la banda ΔF_{sy_e} de frecuencias del sistema SY de radiocomunicación. El número de frecuencias portadoras virtuales en un grupo puede variar de un grupo a otro. Cada grupo B_c es disjuncto con respecto a otro grupo del conjunto B. El dispositivo define también un conjunto de bloques virtuales que comprenden un número infinito de bloques de frecuencias, denominados bloques $BFV_1, \dots, BFV_h, \dots, BFV_n$ de frecuencias virtuales en algunos de los cuales se distribuirán las frecuencias portadoras virtuales en la etapa ER. Cada bloque BFV_h de frecuencias virtuales comprende N frecuencias $FV_{1,h}$ a $FV_{N,h}$ portadoras. Los bloques de frecuencias virtuales pueden corresponder, por ejemplo, a nombres de bloques de frecuencias que se asociarán, en la etapa EA, con los bloques BF_{e_1} a BF_{e_j} de frecuencias reales de la banda $\Delta F_{sy_{eBB}}$ de frecuencias del sistema SY_{BB} de radiocomunicación de banda ancha.
- 30
- 35
- 40

- Haciendo referencia a la Figura 7, la unidad UR de distribución del dispositivo de planificación ejecuta la etapa EP de distribución de las frecuencias virtuales del conjunto B en bloques de frecuencias virtuales como una función de las reglas RR1, RR2 y RR3 de distribución. A continuación, la unidad UA de asociación del dispositivo DP ejecuta la etapa EA de asociación de los bloques de frecuencias virtuales en los que se han distribuido las frecuencias virtuales del conjunto B, con los J bloques de frecuencias reales como una función de las reglas RU de reutilización de frecuencias.
- 45

- El algoritmo AG = AG4 de la segunda implementación ejecutada por la unidad UR de distribución comprende las etapas S400 a S405 incluyendo un primer bucle $B1_2$ iterativo para seleccionar un bloque BFV_h de frecuencias virtual y un segundo bucle $B2_2$ iterativo para seleccionar una frecuencia $FV_{n,h}$ portadora de este bloque BFV_h de frecuencias virtuales.
- 50

Inicialmente, en la etapa S400, el dispositivo define y almacena en la memoria ME el primer conjunto B y el conjunto de bloques de frecuencias virtuales. El dispositivo define también un conjunto Y que comprende las

frecuencias portadoras virtuales del conjunto B que todavía no han sido procesadas, es decir, que todavía no han sido correlacionadas de manera biyectiva con una frecuencia de un bloque de frecuencias virtual. El conjunto Y se almacena en la memoria ME del dispositivo DP y es inicialmente igual al conjunto B.

5 En la etapa S401, la unidad UR de distribución ejecuta el primer bucle B_{1_2} iterativo seleccionando un bloque BF_{V_h} de frecuencias virtual y definiendo un conjunto X inicialmente vacío, destinado a comprender las frecuencias portadoras virtuales del conjunto B que ya han sido correlacionadas de manera biyectiva con las frecuencias $F_{V_{n,h}}$ portadoras del bloque BF_{V_h} de frecuencias seleccionado. Con cada selección de un nuevo bloque de frecuencias, el conjunto X se inicializa al conjunto vacío. El conjunto X se almacena en la memoria ME.

10 A continuación, en la etapa S402, la unidad UR ejecuta el segundo bucle B_{2_2} iterativo, verificando si todas las frecuencias portadoras del bloque BF_{V_h} de frecuencias virtuales han sido procesadas o no. Si algunas frecuencias del bloque BF_{V_h} de frecuencias virtual no han sido procesadas, la unidad UR selecciona una de ellas $F_{V_{j,n}}$, bien de una manera sucesiva incrementando una variable asociada con cada índice n de las frecuencias $F_{V_{j,n}}$, o bien de una manera aleatoria. Si todas las N frecuencias $F_{V_{h,1}}$ a $F_{V_{h,N}}$ del bloque BF_{V_h} de frecuencias virtual ya han sido seleccionadas, el segundo bucle B_{2_2} iterativo se detiene y el primer bucle B_{1_2} vuelve a iterarse en la etapa S401 para seleccionar un nuevo bloque de frecuencias virtual.

15 Durante la selección de una nueva frecuencia $F_{V_{n,h}}$ portadora en el bloque BF_{V_h} de frecuencias virtual, en la etapa S402, la unidad UR verifica en la etapa S403 si todavía hay o no frecuencias portadoras virtuales en el conjunto Y. Si todas las frecuencias del conjunto B han sido procesadas en la etapa S403, es decir, el conjunto Y está vacío, la unidad UR de distribución termina ejecutando el algoritmo AG = AG4 y la unidad UA de asociación ejecuta la etapa EA de asociación que se describirá a continuación.

Si todavía hay frecuencias portadoras virtuales en el conjunto Y en la etapa S403, la unidad UR selecciona en la etapa S404 una frecuencia $fb_{c,f}$ portadora en el conjunto Y que cumple con las dos condiciones CD_{1_2} y CD_{2_2} de distribución relativas a las reglas RR1, RR2 y RR3 de distribución de la invención.

25 Según la primera condición CD_{1_2} , que se refiere más particularmente a las reglas RR1 y RR3, la frecuencia $fb_{c,f}$ portadora debe ser seleccionada de manera que la interferencia de frecuencia emitida por el conjunto de células asociadas con la frecuencia $fb_{c,f}$ y con las frecuencias del conjunto X (es decir las frecuencias ya distribuidas en el bloque BF_{V_h} de frecuencias virtual, corresponden al área S_{min} de superficie interferida más pequeña. La unidad UR determina el área de superficie interferida por medio de procedimientos de predicción de propagación de frecuencia conocidos por la persona con conocimientos en la técnica para cada frecuencia portadora virtual del conjunto Y, y selecciona la frecuencia $fb_{q,f}$ asociada con el área de superficie interferida más pequeña y que cumple también con la segunda condición CD_{2_2} .

30 Según la segunda condición CD_{2_2} , asociada más particularmente con la segunda regla RR2 de distribución, la frecuencia $fb_{q,f}$ debe ser seleccionada de manera que para cualquier frecuencia F_{α} virtual perteneciente al conjunto X de frecuencias distribuidas en el bloque BF_{V_h} de frecuencias virtual y que está asociada (junto con la frecuencia $fb_{q,f}$) con una misma célula, en el que cada frecuencia $\phi(F_{\alpha})$ del bloque de frecuencias BF_{V_h} que corresponde de manera biyectiva a cada frecuencia F_{α} cumple con la restricción del intervalo Δf_e de frecuencias mínimo con respecto a la frecuencia $F_{V_{n,h}}$ y según la regla RR2 de distribución. Esta condición CD_{2_2} hace posible verificar que las frecuencias portadoras virtuales pertenecientes al mismo grupo de frecuencias B_c y distribuidas en un mismo bloque de frecuencias están separadas entre sí por un intervalo Δf_e de frecuencias mínimo para evitar cualquier interferencia de frecuencia entre las frecuencias asociadas con una misma célula.

35 En la etapa S405, la unidad UR correlaciona de manera biyectiva la frecuencia $fb_{q,f}$ seleccionada del conjunto Y con la frecuencia $F_{V_{n,h}}$: $\phi(fb_{q,f}) = F_{V_{n,h}}$, la frecuencia $fb_{q,f}$ perteneciente al primer conjunto B de frecuencias portadoras virtuales y la frecuencia $F_{V_{n,h}}$ perteneciente al bloque BF_{V_h} virtual. La correlación se almacena en la memoria ME del dispositivo DP. Los conjuntos X e Y se actualizan de manera que la frecuencia $fb_{q,f}$ es incluida en el conjunto X ($X = X \cup \{fb_{q,f}\}$) y es excluida del conjunto Y ($Y = Y - \{fb_{q,f}\}$). Al final de la etapa S405, la unidad UR repite el segundo bucle B_{2_2} que vuelve a la etapa S401, para seleccionar una nueva frecuencia portadora del bloque BF_{V_h} de frecuencias.

40 Una vez distribuidas todas las frecuencias portadoras del conjunto B en bloques de frecuencias virtuales, el dispositivo DP ejecuta la etapa EA de asociación para asociar los bloques de frecuencias virtuales en los que se distribuyen las frecuencias portadoras virtuales del conjunto B, con bloques de frecuencias reales de la banda ΔF_{sy} de frecuencias del sistema SY mientras tiene en cuenta la limitación de los recursos de frecuencia y las reglas RU de reutilización conocidas de los sistemas de radiocomunicación de banda estrecha. Varios bloques de frecuencias virtuales pueden estar asociados con un mismo bloque de frecuencias real de la banda de frecuencias. Al final de la etapa EA, la planificación PF de frecuencias es determinada como una función de la

distribución de las frecuencias portadoras en cada bloque de frecuencias real de la banda de frecuencias y la asociación de cada una de estas frecuencias portadoras con una o más células del sistema SY de comunicación.

5 Una variante simplificadora del algoritmo AG4, denominada algoritmo AG5, similar al algoritmo AG3 de la primera implementación, consiste en buscar los pares de células de manera que la superficie interferida por la emisión de las frecuencias portadoras asociadas con el par de células seleccionado sea la más pequeña.

10 La etapa EA de asociación consiste entonces en generar un plan de frecuencia PF de frecuencias portadoras reales asociando bloques de frecuencias reales con bloques de frecuencias virtuales usando técnicas bien conocidas por la persona con conocimientos en la técnica. El dispositivo PF considera cada bloque de frecuencias virtual como un grupo y aplica la planificación convencional y las reglas RU de reutilización de frecuencias para sistemas de banda estrecha para asociar los bloques de frecuencias virtuales con los bloques de frecuencias reales.

15 Opcionalmente, puede aplicarse una tercera etapa (no representada en la Figura 7) teniendo en cuenta que el orden de las frecuencias en un bloque virtual está definido sólo en la medida en que se cumple la restricción de separación mínima entre dos frecuencias portadoras asociadas con una misma célula. Una vez establecida la planificación de frecuencias, es decir, la asociación de las frecuencias reales con un bloque de frecuencias virtual, el dispositivo permuta las frecuencias dentro de este bloque con la condición de que la restricción de intervalo mínima se siga cumpliendo con la permutación realizada.

20 En particular, en el caso del algoritmo AG5, esta permutación equivale a permutar las funciones de las células C_i y C_j y buscar cuál de estas dos permutaciones conduce al nivel de interferencia más bajo.

25 Una vez terminada la distribución de las frecuencias del sistema de banda estrecha, puede realizarse la planificación del sistema de banda ancha, en el que los bloques de frecuencias usados en una célula del sistema de banda ancha son las frecuencias que no son interferidas por los portadores del sistema de banda estrecha y que no interfieren con los portadores del sistema de banda estrecha. El procedimiento según la invención garantiza un número óptimo o casi óptimo para el número de bloques de frecuencias disponibles, sin interferencia con los portadores del sistema de banda estrecha.

Las descripciones anteriores se proporcionan meramente a modo de ejemplo para ilustrar la invención y la persona con conocimientos en la técnica será capaz de definir variantes de estas realizaciones mientras permanece dentro del alcance de la invención.

30 La invención descrita en la presente memoria se refiere a un procedimiento, un sistema de radiocomunicación que consiste en un sistema de radiocomunicación de banda estrecha y un sistema de radiocomunicación de banda ancha co-localizados en parte o totalmente en la misma banda de frecuencias, un dispositivo de planificación y al menos una estación base del sistema de radiocomunicación de banda estrecha. Según una realización, las etapas del procedimiento de la invención se determinan mediante las instrucciones de un programa informático incorporado en el dispositivo DP de planificación. El programa informático que puede ser implementado en el dispositivo de planificación comprende instrucciones de programa que, cuando dicho programa es ejecutado en el dispositivo cuyo funcionamiento es controlado a continuación por la ejecución del programa, realiza una asignación de frecuencias portadoras de la estación base de banda estrecha según el procedimiento de la invención.

40

45 Por consiguiente, la invención se aplica también a un programa informático, en particular un programa informático grabado sobre o en un medio de grabación legible por un ordenador y cualquier dispositivo de procesamiento de datos adecuado para implementar la invención. Este programa puede usar cualquier lenguaje de programación y puede estar en forma de código fuente, código objeto o código intermedio entre código fuente y código objeto, tal como en forma parcialmente compilada, o en cualquier otra forma deseable para implementar el procedimiento según la invención. El programa puede ser descargado en el dispositivo a través de una red de comunicación, tal como Internet.

50 El medio de grabación puede ser cualquier entidad o cualquier dispositivo capaz de almacenar el programa. Por ejemplo, el medio puede comprender unos medios de almacenamiento en los que se graba el programa de ordenador según la invención, tal como una ROM, por ejemplo un CD ROM o un circuito microelectrónico ROM, o bien una llave USB o unos medios de grabación magnéticos, por ejemplo un disco duro.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para planificar frecuencias portadoras para un sistema (SY_{NB}) de radiocomunicación de banda estrecha compartido con un sistema (SY_{BB}) de radiocomunicación de banda ancha, en una misma zona geográfica, por una parte, células (C_1, C_C) de transmisión radioeléctrica cada una de las cuales comprende una estación base de banda estrecha y una estación base de banda ancha, y, por otra parte una misma banda (ΔF_{sy}) de frecuencias, en el que dicha banda de frecuencias está dividida en parte en un número determinado de bloques ($BFe_1, \dots, BFe_j, \dots, BFe_J$) de frecuencias a asignar a las estaciones base de banda ancha que comprenden un número (F) determinado de frecuencias ($fe_{j,1}, \dots, Fe_{j,n}, \dots, Fe_{j,N}$) portadoras a ser asignadas opcionalmente a las estaciones base de banda estrecha, en el que cada estación base de banda estrecha está asociada a al menos un grupo de frecuencias portadoras perteneciente a un conjunto de varios grupos de frecuencias portadoras distintos, caracterizado por que comprende una distribución (ER) del conjunto de grupos de frecuencias portadoras asociados a las estaciones base de banda estrecha sobre la banda de frecuencias, en el que la distribución comprende para cada bloque de frecuencias:
- una selección ($S106, S404$) de al menos dos grupos de frecuencias portadoras que están asociados a una estación base de banda estrecha distinta, en el que la selección es realizada mientras se cumple una regla ($RR3$) de distribución de manera que la interferencia relacionada con las emisiones de las estaciones base de banda estrecha asociadas con los dos grupos seleccionados de frecuencias portadoras tenga un área de superficie interferida mínima (SI_{min}), y
 - una correlación ($S107, S405$) de las frecuencias portadoras del bloque de frecuencias con las frecuencias portadoras de los dos grupos seleccionados mientras se cumple con un intervalo (Δfe) de frecuencias mínimo entre las frecuencias portadoras de un mismo grupo de frecuencias portadoras.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, según el cual en la etapa (ER) de distribución se seleccionan dos grupos de frecuencias portadoras y se distribuyen en un bloque (BFe_j) de frecuencias intercalando de manera alternada cada frecuencia portadora de un grupo con respectivamente cada frecuencia portadora del otro grupo para cumplir con el intervalo (Δfe) de frecuencias mínimo entre las frecuencias portadoras de un mismo grupo de frecuencias portadoras.
3. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, según el cual el sistema (SY_{NB}) de radiocomunicación de banda estrecha y el sistema (SY_{BB}) de radiocomunicación de banda ancha son sistemas de radiocomunicación de tipo FDD que comparten en la misma banda (ΔF_{sy}) de frecuencias una primera banda (ΔF_{sye}) de frecuencias destinada para comunicaciones de enlace ascendente desde terminales móviles a estaciones base de uno de los dos sistemas de radiocomunicación y una segunda banda (ΔF_{syr}) de frecuencias destinada para las comunicaciones de enlace descendente desde estaciones base a terminales móviles de uno de los dos sistemas de radiocomunicación, en el que la distribución de las frecuencias portadoras por bloque de frecuencias es idéntica en la primera banda de frecuencias y en la segunda banda de frecuencias.
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, que comprende las siguientes etapas sucesivas:
- una etapa (EA) de asociación que determina un primer conjunto (A) de primeros grupos de frecuencias portadoras, en el que cada primer grupo (A_m) de frecuencias portadoras de los cuales está asociado con una o más estaciones base de banda estrecha según reglas (RU) de reutilización, y
 - la etapa (ER) de distribución, para cada bloque (BFe_j) de frecuencias, seleccionando las primeras frecuencias portadoras del primer conjunto (A) que no están ya seleccionadas, mientras se cumple con la regla ($RR3$) de distribución, y correlacionando de manera biyectiva (φ) cada frecuencia portadora seleccionada con una frecuencia ($Fe_{j,n}$) portadora del bloque (Bfe_j) de frecuencias mientras se cumple con un intervalo (Δfe) de frecuencias mínimo entre las frecuencias portadoras de un mismo grupo de frecuencias portadoras correlacionadas de manera biyectiva con las frecuencias portadoras de un mismo bloque de frecuencias.
5. Procedimiento según la reivindicación 4, según el cual la etapa (ER) de distribución comprende un primer bucle ($B1_1$) iterativo para seleccionar cada bloque (Bfe_j) de frecuencias de la banda de frecuencias y un segundo bucle ($B2_1$) iterativo para seleccionar cada frecuencia ($Fe_{j,n}$) portadora del bloque de frecuencias seleccionado, y que comprende en el segundo bucle iterativo una selección de una frecuencia portadora de un primer grupo de frecuencias portadoras del primer conjunto (A) mientras se cumple la regla ($RR3$) de distribución y una correlación (φ) biyectiva de la frecuencia portadora del bloque de frecuencias con la frecuencia portadora seleccionada mientras se cumple el intervalo de frecuencias mínimo entre frecuencias portadoras de un mismo grupo de frecuencias portadoras distribuidas en un mismo bloque de frecuencias.
6. Procedimiento según la reivindicación 5, según el cual cada segundo bucle ($B2_1$) iterativo comprende una

selección y una correlación (ϕ) biyectiva de una frecuencia portadora de un primer grupo de frecuencias portadoras con la frecuencia portadora del bloque de frecuencias seleccionado tan pronto como otra frecuencia portadora de dicho primer grupo de frecuencias portadoras ha sido correlacionada de manera biyectiva con otra frecuencia portadora del bloque de frecuencias seleccionado durante un segundo bucle iterativo anterior, mientras se cumple el intervalo de frecuencias mínimo entre las frecuencias portadoras de un mismo grupo de frecuencias portadoras distribuidas en un mismo bloque de frecuencias.

7. Procedimiento según la reivindicación 4, según el cual el número ($F = 8$) de frecuencias portadoras de cada primer grupo de frecuencias portadoras es como máximo igual a la mitad del número ($N = 18$) de frecuencias portadoras de un bloque de frecuencias y la etapa (ER) de distribución comprende un bucle iterativo para seleccionar cada bloque (BFe_j) de frecuencias de la banda de frecuencias que comprende una selección según la regla de distribución de dos primeros grupos de frecuencias portadoras pertenecientes al primer conjunto y una correlación biyectiva sucesivamente de una frecuencia portadora del bloque de frecuencias con alternativamente una frecuencia portadora de uno de los dos primeros grupos mientras se cumple el intervalo de frecuencias mínimo entre las frecuencias portadoras de un mismo grupo de frecuencias portadoras.

8. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, que comprende las siguientes etapas sucesivas:

- la etapa (ER) de distribución de un primer conjunto (B) de primeros grupos de frecuencias (B_1, B_M) portadoras, asociados respectivamente con las estaciones base de banda estrecha, en el que cada primer grupo (B_m) es seleccionado con al menos otro primer grupo diferente mientras se cumple la regla (RR3) de distribución y en el que los dos primeros grupos están distribuidos en un mismo bloque de frecuencias virtual perteneciente a un conjunto de bloques de frecuencias virtuales mientras se cumple con un intervalo de frecuencias mínimo entre las frecuencias portadoras de un mismo grupo, en el que el conjunto de bloques de frecuencias virtuales comprende un número mayor o igual al número determinado de bloques de frecuencias de la banda de frecuencias, y
- una etapa (EA) de asociación para asociar cada bloque de frecuencias virtual con un bloque de frecuencias de la banda de frecuencias mientras se cumple con las reglas (RU) de reutilización de frecuencias portadoras.

9. Dispositivo para planificar frecuencias portadoras destinadas a un sistema (SY_{NB}) de radiocomunicación de banda estrecha que comparte con un sistema (SY_{BB}) de radiocomunicación de banda ancha, en una misma zona geográfica, por una parte, células (C_1, C_C) de transmisión radioeléctrica cada una de las cuales comprende una estación base de banda estrecha y una estación base de banda ancha, y, por otra parte, una misma banda (ΔF_{sy}) de frecuencias, en el que la banda de frecuencias está dividida en parte en un número determinado de bloques ($BFe_1, \dots, BFe_j, \dots, BFe_J$) de frecuencias a asignar a las estaciones base de banda ancha, en el que cada bloque de frecuencias comprende un número (F) determinado de frecuencias ($Fe_{j,1}, \dots, Fe_{j,n}, Fe_{j,N}$) portadoras a ser asignadas opcionalmente a las estaciones base de banda estrecha, en el que cada estación base de banda estrecha está asociada a al menos un grupo de frecuencias portadoras perteneciente a un conjunto de varios grupos de frecuencias portadoras distintas, caracterizado por que comprende medios (UR, UA) para llevar a cabo las etapas de un procedimiento para planificar frecuencias portadoras según una de las reivindicaciones 1 a 8.

10. Un sistema (SY_{NB}) de radiocomunicación de banda estrecha que comparte con un sistema (SY_{BB}) de radiocomunicación de banda ancha, en una misma zona geográfica, por una parte, células (C_1, C_C) de transmisión radioeléctrica cada una de las cuales comprende una estación base de banda estrecha y una estación base de banda ancha, y, por otra parte, una misma banda (ΔF_{sy}) de frecuencias, en el que la banda de frecuencias está dividida en parte en un número determinado de bloques ($BFe_1, \dots, BFe_j, \dots, BFe_J$) de frecuencias a asignar a las estaciones base de banda ancha, en el que cada bloque de frecuencias comprende un número (F) determinado de frecuencias ($Fe_{j,1}, \dots, Fe_{j,n}, \dots, Fe_{j,N}$) portadoras a ser asignadas opcionalmente a las estaciones base de banda estrecha, en el que cada estación base de banda estrecha está asociada a al menos un grupo de frecuencias portadoras perteneciente a un conjunto de varios grupos de frecuencias portadoras distintos caracterizado por que comprende un dispositivo para planificar frecuencias portadoras según la reivindicación 9.

11. Un programa informático que puede ser implementado en un dispositivo (DP) de planificación para planificar frecuencias portadoras para un sistema (SY_{NB}) de radiocomunicación de banda estrecha que comparte con un sistema (SY_{BB}) de radiocomunicación de banda ancha, en una misma zona geográfica, por una parte, células (C_1, C_C) de transmisión radioeléctrica cada una de las cuales comprende una estación base de banda estrecha y una estación base de banda ancha, y, por otra parte, una misma banda (ΔF_{sy}) de frecuencias, en el que la banda de frecuencias está dividida en parte en un número determinado de bloques ($BFe_1, \dots, BFe_j, \dots, BFe_J$) de frecuencias a asignar a las estaciones base de banda ancha, cada una de las cuales comprende un número (F)

- 5 determinado de frecuencias ($F_{e_{j,1}}$, ..., $F_{e_{j,n}}$, ..., $F_{e_{j,N}}$) portadoras a ser asignadas opcionalmente a las estaciones base de banda estrecha, en el que cada estación base de banda estrecha está asociada a al menos un grupo de frecuencias portadoras perteneciente a un conjunto de varios grupos de frecuencias portadoras distintos, en el que dicho programa está caracterizado por que comprende instrucciones que, cuando el programa es ejecutado en dicho dispositivo de planificación, lleva a cabo las etapas del procedimiento de planificación según las reivindicaciones 1 a 8.

FIG. 1

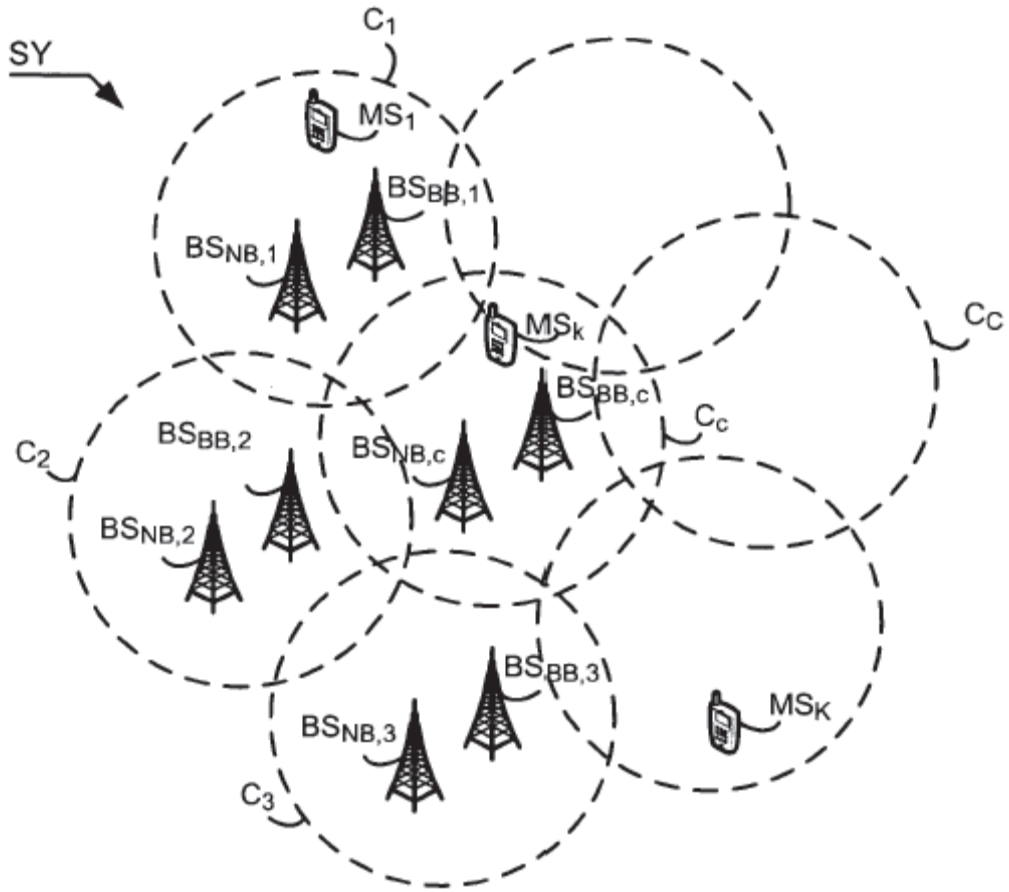


FIG. 3A

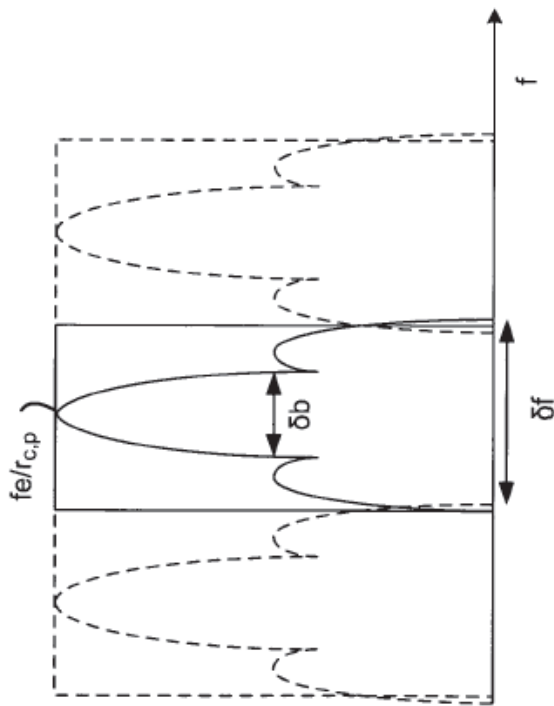
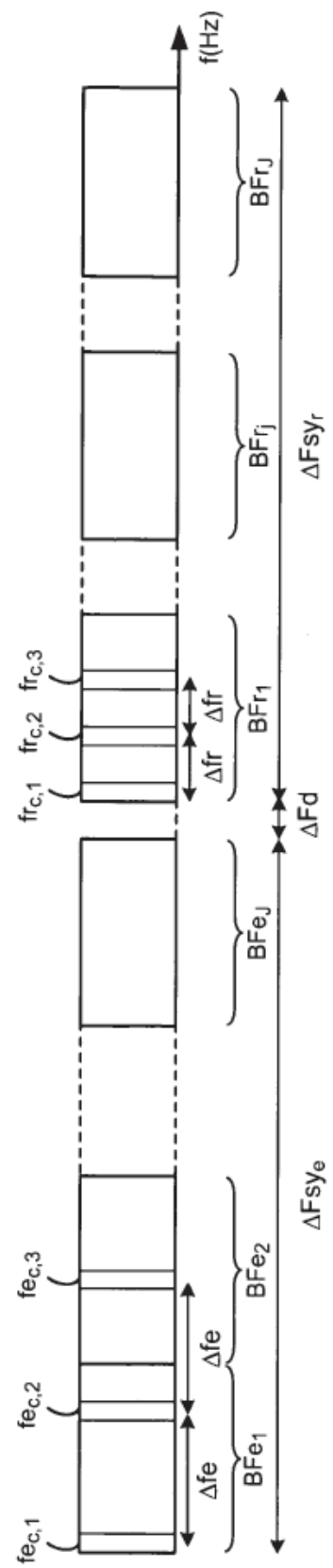


FIG. 3B



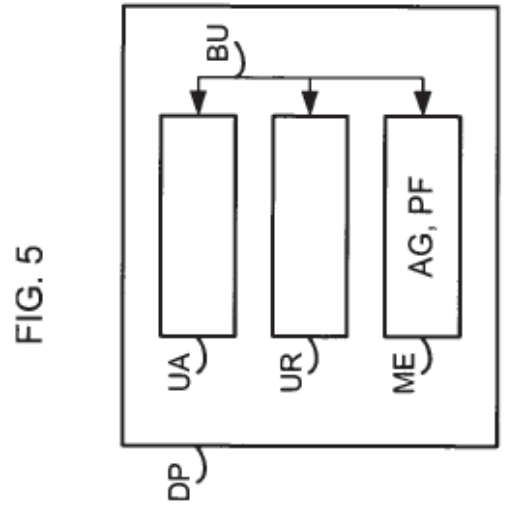
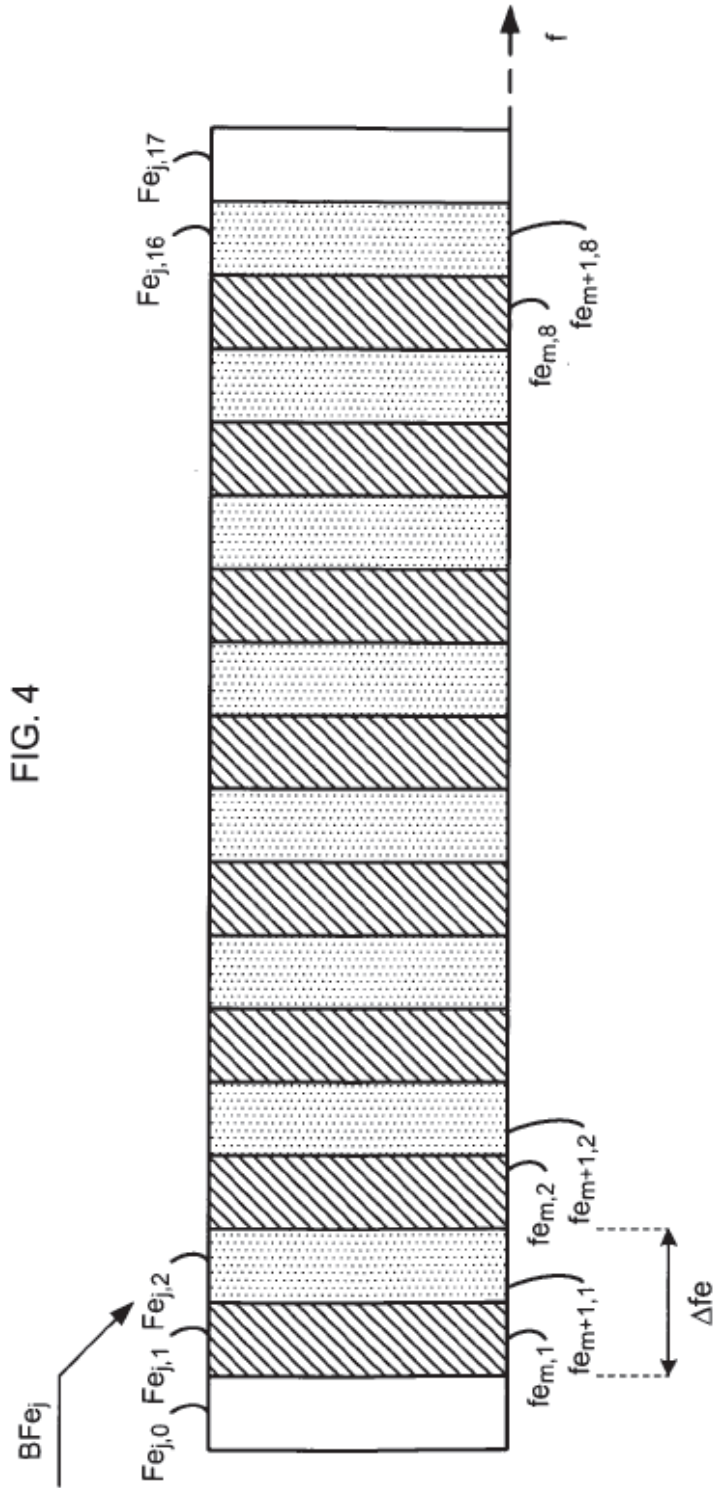


FIG. 6A

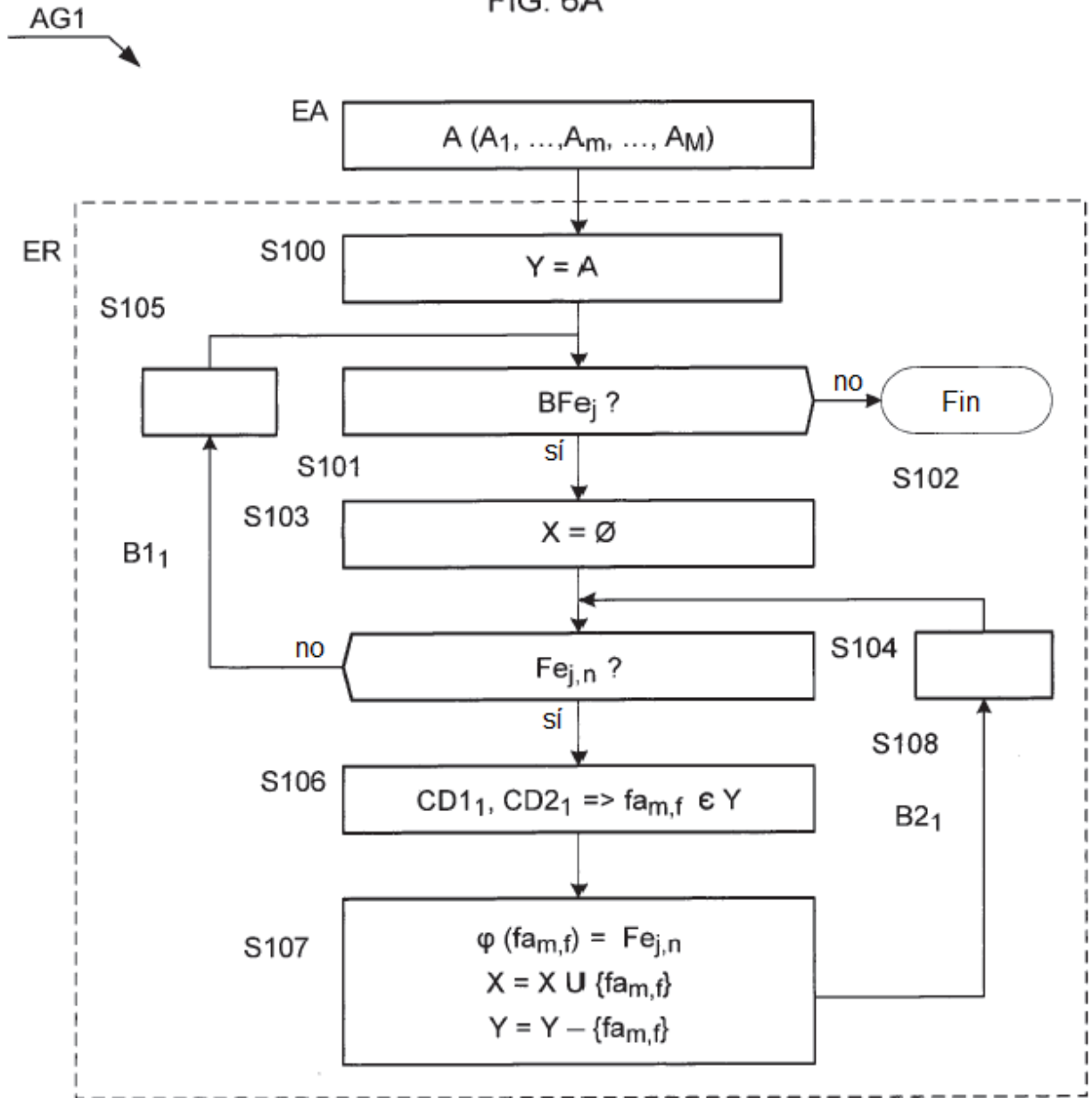


FIG. 6B

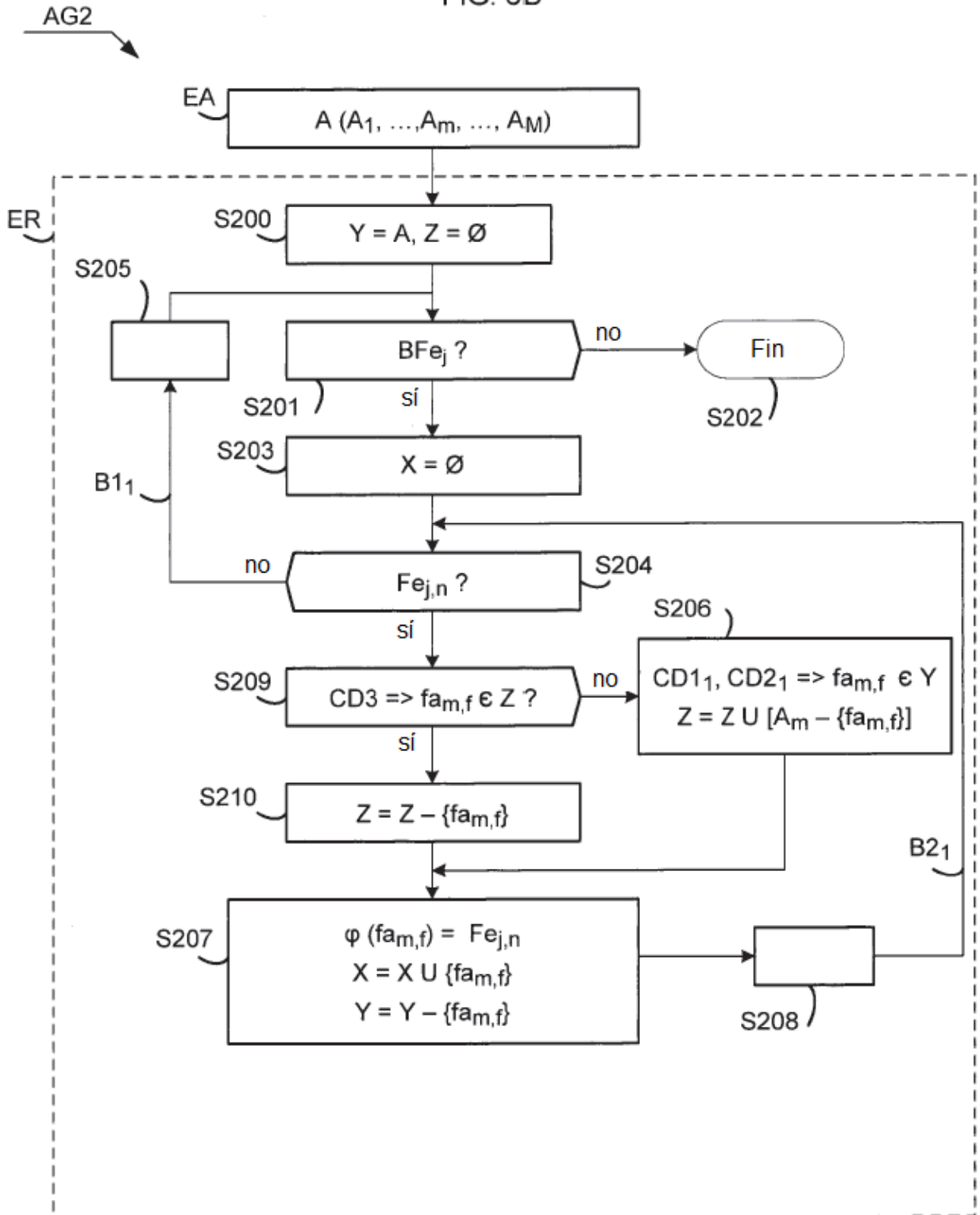


FIG. 6C

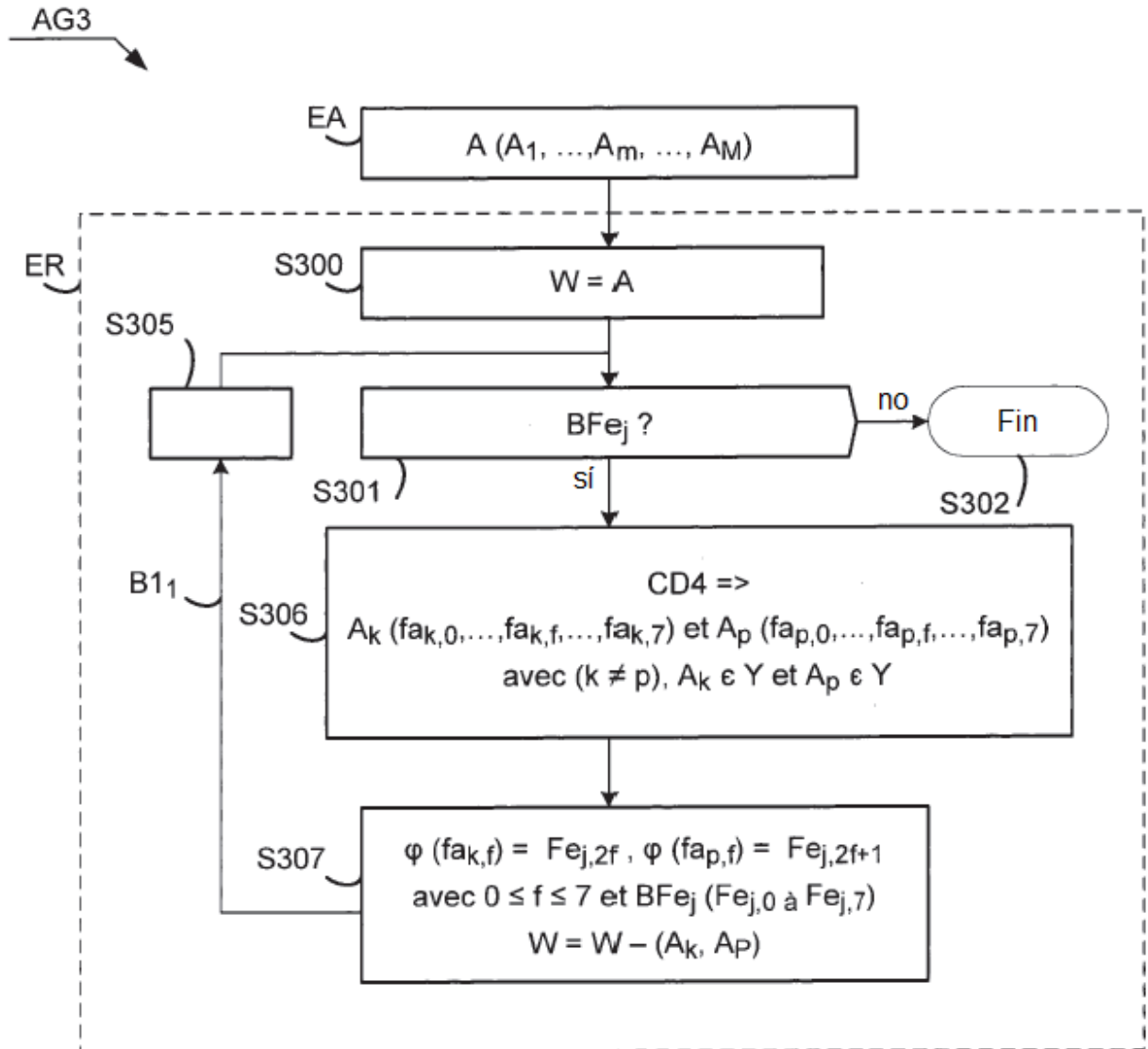


FIG. 7

