

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 643 607**

51 Int. Cl.:

**H04W 16/10** (2009.01)

**H04W 16/14** (2009.01)

**H04L 5/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.07.2014 E 14178413 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.07.2017 EP 2830342**

54 Título: **Procedimiento de gestión de las frecuencias de AF para utilización en banda ancha**

30 Prioridad:

**25.07.2013 FR 1301792**

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

**23.11.2017**

73 Titular/es:

**THALES (100.0%)  
45, rue de Villiers  
92200 Neuilly Sur Seine, FR**

72 Inventor/es:

**LAMY-BERGOT, CATHERINE y  
ROGIER, JEAN-LUC**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

**ES 2 643 607 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

Procedimiento de gestión de las frecuencias de AF para utilización en banda ancha

5 La invención se refiere a un procedimiento para gestionar dinámicamente la asignación de las frecuencias en un contexto de banda ancha que requiere más frecuencias que en un contexto de banda estrecha, por ejemplo. El procedimiento se utiliza particularmente para las transmisiones de alta frecuencia, AF, de cuarta generación (4G), principalmente en el caso de las utilizaciones siguientes: formas de onda multi-portadora, en presencia o no de transmisiones monocanal, gestión compartida de las frecuencias entre diferentes usuarios y servicios, asignación de canales con potencias diferentes.

10 Los enlaces de AF ofrecen una capacidad más allá del horizonte o BLOS (Beyond Line of Sight) lo que permite realizar unas comunicaciones a larga, incluso muy larga, distancia, sin necesidad de recurrir a un satélite o al empleo de estaciones de retransmisión. La gestión de las frecuencias permite elegir la o las frecuencias utilizadas por un servicio dado lo que permite asegurar el servicio en cuestión, mientras se mantiene una disponibilidad de los otros servicios y respetando las asignaciones normativas particularmente en lo que se refiere a la potencia máxima y al patrón de radio radiado sin banda útil. El estado de la técnica en el campo de la gestión de las frecuencias en banda de AF corresponde a los mecanismos denominados de establecimiento automático del enlace o ALE (Automatic Link Establishment) y de mantenimiento del enlace o ALM (Automatic Link Maintenance). En el campo más general de la radio cognitiva, se observan unos mecanismos de gestión de las frecuencias más finos y aplicados de modo continuo, para seleccionar un intervalo de frecuencias o unas frecuencias en función principalmente del balance del enlace y/o de la ocupación de los canales por otros usuarios.

20 Según un primer planteamiento, el estado de la técnica se basa esencialmente en una asignación estática de un plan de frecuencias constituido por el conjunto de frecuencias y elaborado en la preparación de la misión, y de protocolos ALE de segunda o de tercera generación implementados durante el establecimiento del enlace. El protocolo ALE clásico consiste en buscar una frecuencia pasante, probando secuencialmente las diferencias frecuencias del plan. Según el modo utilizado, la frecuencia mantenida puede ser la primera frecuencia que satisfaga los criterios del enlace, o la “mejor” frecuencia, es decir aquella que optimiza el criterio en cuestión, para el plan de frecuencias considerado. Durante la comunicación, el protocolo de gestión del enlace puede disponerse para modificar los parámetros de dicho enlace, comprendiendo en ellos el relanzamiento de una búsqueda de una frecuencia adecuada, por ejemplo, a través de un mecanismo denominado ALM. La solución de asignación clásica 2G o 3G y de mantenimiento del enlace correspondiente, “primero en llegar, primero atendido” no permite tener en cuenta eventuales prioridades/derechos variables según el servicio considerado.

35 Según un segundo planteamiento, que se refiere al caso particular de las formas de onda que utilizan varios canales no contiguos, es posible modificar la elección de las frecuencias en el transcurso de la comunicación, mientras que se permanezca en la misma banda de comunicaciones, por ejemplo según un principio descrito en la solicitud de patente del presente Solicitante WO 2013/053703. Estas diferentes soluciones de creación, posteriormente de gestión del enlace se basan en unas asignaciones de frecuencias estáticas, al menos a corto plazo, y localmente exclusivas entre las diferentes redes. Permiten la cohabitación de los diferentes modos de transmisión (monocanal, multicanales) así como de diferentes servicios, tales como la telefonía, la telegrafía, el correo electrónico, la intranet, la transferencia de archivos, etc. Aunque se sigue teniendo la posibilidad de hacer depender estos planes de frecuencia de la hora y de la estación, para adaptarse a las condiciones de propagación en un instante dado, la asignación sigue siendo estática y localmente exclusiva, lo que tiene por inconveniente necesitar globalmente un gran número de frecuencias. La solución de gestión del enlace de banda ancha en el transcurso de la comunicación no resuelve el problema de “primero en llegar, primero atendido”. No permite gestionar unos niveles de potencia máximas autorizadas diferentes según las frecuencias.

45 Por otro lado, según un tercer planteamiento, es posible aproximarse a unas técnicas denominadas “radio cognitiva” que desarrollan unos principios de compartición de las frecuencias, para aportar una solución al problema de falta de frecuencias. Estos principios se basan en un tipificado de las frecuencias, propio del usuario y/o del servicio considerado. En el caso particular de la AF, se podrá distinguir principalmente tres casos de usuarios: el usuario primario exclusivo, el usuario primario no exclusivo, el usuario secundario. Un usuario secundario no debe utilizar la frecuencia en caso de uso por un usuario primario, y debe liberarla cuando un usuario primario busca utilizarla. La solución de tipo radio cognitiva con una compartición de las frecuencias entre varios usuarios no permite sin embargo gestionar específicamente los niveles de potencia variable según las frecuencias. Esta solución se supone que es capaz de detectar y de identificar a otros usuarios y su tipo, por tanto de tener acceso a su señalización, mientras que las comunicaciones en banda de AF están generalmente cifradas, más o menos protegidas.

55 Las soluciones ofrecidas por la técnica anterior presentan principalmente grandes limitaciones. No permiten tener en cuenta un conjunto de asignaciones que incluyan varios niveles de potencia, principalmente en el caso de las transmisiones multicanales. Una segunda dificultad surge cuando se desea combinar un principio de compartición de las frecuencias, con una gestión conjunta de transmisiones monocanal y de transmisiones multicanales. El principio de base de la compartición de frecuencias consiste en asignar, a cada canal, un conjunto de servicios SLA (Service Level Agreement) con la atribución de ciertas características para cada SLA: la potencia, el tipo de uso primario o secundario.

60

La elección de un conjunto de canales para la implementación de una transmisión multicanales exige, por otro lado, respetar ciertas restricciones, que tratan no solamente sobre los canales individuales sino también sobre el grupo de canales mantenidos: anchura de banda máxima, potencia total de emisión, patrón espectral de emisión. El estado de la técnica anterior consiste en reagrupar a priori los canales que satisfacen estas restricciones, lo que tiene como efecto dedicarles a la forma de onda multicanales, y lo que va contra el principio de compartición de las frecuencias.

Las soluciones existentes no permiten tener en cuenta fácilmente el hecho de tener que gestionar unos canales con unos niveles de potencia diferentes y garantizar el respeto a los patrones asociados. Lo que es más, debido a esto, las soluciones existentes no permiten al asignador de frecuencias proporcionar unos juegos de frecuencias netamente mayores que los juegos de frecuencias requeridas para los modos actuales de comunicación, en el que las asignaciones de frecuencias con gran potencia son el objeto de una reglamentación internacional y de una compartición a nivel mundial, debido al carácter de muy larga distancia de la propagación de AF en modo ionosférico, puesto que no se sabe garantizar fácilmente el respeto de las potencias limitadas.

Cada frecuencia tiene un cierto número de servicios autorizados o SLA, un nivel de potencia máxima  $P_{\text{máx}}$  autorizado por servicio SLA y un tipo de uso asociado; primario exclusivo, primario no exclusivo y secundario.

El documento EP 2 458 770 divulga un procedimiento que permite seleccionar una sub-banda útil en una banda de frecuencia con el fin de permitir un aumento de la velocidad útil de una transmisión de AF, aumentando la anchura de la canalización global mientras se asegura que las perturbaciones inherentes al canal de propagación de AF no afectan a la transmisión limitando indirectamente la velocidad útil.

El procedimiento según la invención se basa principalmente en la utilización de un modelo que aprovecha principalmente la percepción del ruido y de la potencia recibida en el canal en cuestión. El procedimiento considerara las restricciones iniciales para cada una de las portadoras, posteriormente utilizará un criterio de optimización global. Las restricciones que deben satisfacerse por la transmisión multicanales se expresan como anchura de banda máxima, potencia, respeto al patrón de emisión resultante de los multiplex de las frecuencias.

La invención se refiere a un procedimiento para gestionar la asignación dinámica de frecuencias de AF en una red de comunicación de banda ancha que comprende varios usuarios, siendo atribuido a cada usuario un conjunto de frecuencias  $S = \{f_i\}_{i=1 \dots N_0}$ , una frecuencia que tenga uno o varios servicios SLA autorizados, un nivel de potencia máxima  $P_{\text{máx}}$  por los servicios SLA y un tipo de uso asociado, caracterizado porque incluye al menos las etapas siguientes:

para cada usuario

- determinar el intervalo de las frecuencias pasantes para el usuario para un enlace y un servicio SLA considerados, conjunto  $S'$ ,
- establecer el conjunto de las frecuencias  $S''$  autorizadas en el intervalo de emisión del usuario teniendo para cada frecuencia las diferentes configuraciones de potencia y de modulación, intersección entre el conjunto  $S$  y el intervalo de las frecuencias pasantes  $S'$ ,
- analizar el espectro recibido, con el fin de determinar la o las frecuencias utilizadas, y decidir, en función de su tipo de uso asociado, si deben excluirse, con el fin de formar un conjunto  $S'''$  de  $N$  frecuencias  $f_l$  posibles,

en cada enlace que comprende a los usuarios

- para cada frecuencia  $f_l$  del conjunto  $S'''$ , determinar la potencia necesaria  $\tilde{P}_i^j$ ,  $i = 1 \dots N$ ,  $j = 1 \dots m$  para cada una de las  $m$  configuraciones velocidad/forma de onda posibles teniendo en cuenta el límite de potencia para cada frecuencia  $f_l$ ,
- asignar las frecuencias  $f_l$  del conjunto  $S'''$  a los diferentes usuarios, su modulación y su potencia teniendo en cuenta la restricciones multi-portadoras tales como la banda total máxima, la potencia total, la conformidad con el espectro emitido, resultante de la utilización simultánea de las frecuencias  $f_l$ , con el patrón de frecuencias de potencia autorizado.

Según el modo de realización, para un usuario y un servicio considerado SLA se determina en el curso del funcionamiento del procedimiento la lista de las  $m$  configuraciones velocidades/formas de onda que pueden concebirse para el servicio SLA.

Según otro modo de realización, se determina la potencia necesaria  $\tilde{P}_i^j$ ,  $i = 1 \dots N$ ,  $j = 1 \dots m$  aplicando la regla:

$$\text{si } \tilde{P}_i^j > P_{\text{tot}}, \text{ entonces } P_i^j = P_{\text{tot}} + 1$$

$$\text{si } \tilde{P}_i^j \leq P_{\text{tot}}, \text{ entonces } P_i^j = \tilde{P}_i^j .$$

Según una variante de realización, se utiliza una función de coste del tipo velocidad/potencia para determinar la configuración de las frecuencias.

Se define por ejemplo una función de coste  $\zeta = \frac{\text{velocidad}}{\text{potencia}}$  y los costes  $\zeta_i^j = \frac{d^j - d^{j-1}}{P_i^j - P_i^{j-1}}$  y se clasifican los diferentes incrementos por orden creciente.

Según una variante de realización del procedimiento, la etapa de resolución bajo restricciones de la asignación de frecuencias se realiza según el criterio deseado utilizando uno de los criterios siguientes:

5 búsqueda de una velocidad objetivo D utilizando una potencia global mínima

$$\min \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^m x_i^j P_i^j \quad \left| \quad \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^m x_i^j d^j \geq D \right.$$

búsqueda de una velocidad máxima bajo la restricción de un nivel de potencia de emisión global total  $P_{tot}$

$$\max \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^m x_i^j d^j \quad \left| \quad \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^m x_i^j P_i^j < P_{tot} \right.$$

10 en la que n es el número de canales de 3 kHz máximo considerado.  
Es posible también utilizar una restricción de integridad de elección de modulación por frecuencia, representado por la variable entera  $x_i^j$ :

$$\forall i = 1 \dots N, j = 1 \dots m, x_i^j \in N$$

$$\forall i = 1 \dots N, \sum_{j=1}^m x_i^j \leq 1$$

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^m x_i^j \leq n$$

15 La variable entera puede ser igual a 1 cuando la frecuencia  $f_i$  se emplea con la j-ésima velocidad  $d^j$ .

La invención se refiere también a un sistema para gestionar la asignación dinámica de frecuencias de AF en una red de comunicación de banda ancha que comprende varios usuarios, siendo atribuido un conjunto de frecuencias  $S = \{f_i\}_{i=1, \dots, N_0}$  a cada usuario, teniendo una frecuencia uno o varios servicios SLA autorizados, un nivel de potencia máxima  $P_{m\acute{a}x}$  por los servicios SLA y un tipo de uso asociado, caracterizado porque cada usuario incluye al menos unos medios de emisión/recepción, un módulo de comunicación, un procesador adaptado para ejecutar las etapas del procedimiento antes citadas, una memoria de almacenamiento del plan de frecuencias para un servicio SLA.

20

El procedimiento y el sistema según la invención pueden utilizarse para las transmisiones de alta frecuencia de cuarta generación o 4G.

25 Surgirán mejor otras características y ventajas de la presente invención con la lectura de la descripción de uno o varios modos de realización que representan:

- La figura 1, una ilustración de la asignación de frecuencias para un servicio y un usuario dados, y
- La figura 2, una arquitectura de un terminal de usuario.

30 El procedimiento según la invención se basa principalmente en la implementación de un modelo que permite evaluar la velocidad que puede alcanzarse, para una potencia de emisión  $P_i$ , y una modulación dada  $M_i$  por canal  $C_k$  de transmisión. El modelo tiene en cuenta principalmente la percepción del ruido y la potencia recibida en el canal en cuestión. El procedimiento permite principalmente determinar una solución de empleo de las frecuencias respetando las asignaciones realizadas.

Las hipótesis para la realización del procedimiento según la invención son las siguientes: el usuario ve que se asignan por un dispositivo de asignación de frecuencias un conjunto S de  $N_0$  frecuencias.

$$35 \quad S = \{f_i\}_{i=1..N_0} \quad \forall i = 1 \dots N \quad f_i: \begin{cases} \text{SLA autorizadas} \\ P_i^{m\acute{a}x} \text{ (SLA)} \\ \text{tipo de uso} \end{cases}$$

El conjunto S de las frecuencias se filtra frecuencia por frecuencia en un primer tiempo en función de diferentes criterios, tales como el SLA, la calidad del canal de comunicación asociado a la frecuencia y evaluado a priori, la potencia autorizada. Bajo el subconjunto S' de las frecuencia resultantes de esta etapa de filtrado, se determina

5 teniendo en cuenta la percepción del entorno de transmisión, cuáles son las frecuencias utilizables, y teniendo en cuenta la modelización de los rendimientos del sistema, la relación entre los parámetros de potencia, de modulación y de velocidad. Como resultado de esta segunda etapa, se determina el conjunto de las frecuencias elegibles  $S''$ , con sus diferentes configuraciones de potencia y de modulación. Se elige entonces la mejor configuración de frecuencias, teniendo para cada frecuencia los parámetros asociados (potencia, modulación), de manera que se respeten las restricciones relativas al multiplex mantenido (banda total de frecuencia utilizada, potencia total emitida, patrón espectral resultante), para asegurar el SLA solicitado, y optimizar el criterio deseado (por ejemplo velocidad total/potencia).

10 Podrán asignarse un gran número de frecuencias con un reducido nivel de potencia, por ejemplo, 20 W, sin perjuicio de que no pueda autorizarse utilizarlas para unos servicios en banda estrecha. Podrán asignarse una o varias frecuencias con un nivel de potencia mayor, 125 W, 400 W incluso 1 kW, de manera que ofrezcan una capacidad habitual principalmente en modo monocanal de banda estrecha.

Según un modo particular habrá por ejemplo un servicio SLA para el establecimiento del enlace (ALE) que podría permitir separar unas frecuencias dedicadas a la ALE de banda estrecha y otras para la comunicación.

15 El ejemplo que se dará a título de ejemplo se refiere al caso de un único SLA, puesto que es posible definir una necesidad de los SLA específicos correspondientes al empleo de varios servicios de SLA diferentes simultáneamente.

20 La figura 1 representa un ejemplo de asignación de frecuencias para diferentes usuarios, usuario primario exclusivo, 1, usuario primario no exclusivo, 2, y usuario secundario 3. El procedimiento según la invención se representa por el proceso de asignación dinámica  $P$  de las frecuencias, bajo las restricciones  $C_1$  tales como la percepción del espectro, el balance del enlace, etc., y bajo restricciones  $C_2$ , por ejemplo la potencia de cresta y la banda. La línea  $A_1$  corresponde a un ejemplo de asignación de frecuencias de un primer servicio  $A_1$ , y la línea  $A_2$  corresponde a un ejemplo de asignación de frecuencias del servicio  $A_2$ .

25 La figura 2 esquematiza un ejemplo de sistema que comprende varios usuarios  $10_i$ , incluyendo cada usuario unos medios  $11_i$  de emisión/recepción, un módulo  $12_i$  de comunicación, un procesador  $13_i$  adaptado para ejecutar las etapas del procedimiento según la invención, una memoria  $14_i$  de almacenamiento del plan de frecuencias para un servicio SLA. Las etapas del procedimiento se desarrollan en un terminal de usuario que gestionará por sí mismo las frecuencias de las que tiene necesidad, esto cuando los usuarios trabajan en unas subbandas distintas. En el caso de que varios terminales de usuario compartan una subbanda, es posible definir como maestro del sistema al terminal de usuario que inició el enlace. Las etapas del procedimiento según la invención se darán en este último contexto a título de ejemplo ilustrativo y en ningún caso limitativo.

Inicio del algoritmo ejecutado en un terminal de usuario

El usuario desea lanzar una comunicación según el servicio (SLA). La potencia máxima utilizable es  $P_{tot}$ .

Etapa 1, filtrado fuera de línea

35 Esta primera etapa reagrupa el conjunto de los cálculos que pueden realizarse sin el conocimiento de las condiciones específicas de propagación consideradas.

**1-A:** el procesador selecciona en  $S$  unas frecuencias autorizadas para el SLA considerado, dando  $S'$ , el conjunto de las frecuencias autorizadas.

40 **1-B:** elabora a continuación una lista de las formas de onda que pueden concebirse para el servicio considerado SLA y unas velocidades de interés (y del intervalo de los valores de relación señal a ruido SNR objetivo asociados) en un canal equivalente a 3 kHz, por ejemplo.

Es posible efectuar este cálculo por intervalo de banda útil. Por simplicidad se propone a continuación considerar el caso en el que se extrapola a  $n \cdot 3$  kHz comprendiendo en ello el empleo de una forma de onda monoportadora de anchura  $> 3$  kHz, siendo  $n$  un número entero.

45 Etapa 2, filtrado en línea

Esta etapa reagrupa el conjunto de los cálculos realizados teniendo en cuenta unas condiciones específicas de propagación consideradas.

50 **2-A:** el procesador analiza el intervalo de frecuencias seleccionadas (por ejemplo después de una fase de establecimiento del enlace ALE, o porque se trata del último intervalo de frecuencias utilizado). Si el intervalo no permite alcanzar el servicio solicitado (por ejemplo si no hay bastantes frecuencias para un servicio de alta velocidad AV), se relanza un establecimiento del enlace (o ALM), y se lleva a un caso en el que el servicio es potencialmente posible.

**2-B:** se filtra entonces  $S'$  para obtener  $S''$  el conjunto de las frecuencias autorizadas en el intervalo de emisión del usuario con las diferentes configuraciones de potencia y de modulación para cada frecuencia, intersección entre

el conjunto S y el intervalo de las frecuencias pasantes S'.

En un caso de una transmisión de tipo XL tal como el que se describe en la patente EP 2458770 del presente Solicitante, el intervalo de emisión podrá ser claramente de 200 kHz.

5 **2-C:** se analiza el espectro recibido, con el fin de determinar las frecuencias ocupadas y decidir, en función de su tipo de uso asociado, si deben excluirse con el fin de formar un conjunto de frecuencias posibles. Se mide, por ejemplo, en nivel de ruido percibido mediante un procedimiento conocido para el experto en la materia, estando en banda ancha, se tiene en cuenta la hipótesis de que el nivel más reducido de ruido percibido es el suelo de ruido. Para cada frecuencia  $f_i$  en S'', se mide el nivel de ruido y se compara el valor encontrado con un valor de suelo de ruido evaluado según un principio conocido en el campo de la comunicación de banda ancha.

10 Esto permite excluir del plan considerado las frecuencias eventualmente ya ocupadas en las que no es posible emitir (nivel percibido netamente superior al suelo de ruido), debido a su tipo de uso asociado. Sea S''' el conjunto de las frecuencias autorizadas resultante de esta separación.

15 **2-D:** con los valores de relación señal a ruido SNR alcanzables para cada frecuencia de S''', se determina para cada frecuencia la potencia necesaria  $\tilde{P}_i^j$ ,  $i = 1...N$ ,  $j = 1...m$  para cada una de las m configuraciones velocidades/forma de onda seleccionadas en la etapa 1-B.

Para cualquier configuración de m, se determina para las N frecuencias  $f_i$  en S''', el nivel de potencia necesario asociado, teniendo en cuenta el límite de potencia en cada  $f_i$ :

$$\text{si } \tilde{P}_i^j > P_{tot}, \text{ entonces } P_i^j = P_{tot} + 1$$

$$\text{si } \tilde{P}_i^j \leq P_{tot}, \text{ entonces } P_i^j = \tilde{P}_i^j.$$

20 **2-E:** resolución bajo restricciones de la asignación de las frecuencias según el criterio deseado. Se pueden concebir varios casos particularmente, por ejemplo:

Búsqueda de una velocidad objetivo D utilizando una potencia global mínima. El criterio será entonces

$$\text{mín } \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^m x_i^j P_i^j \quad \left| \quad \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^m x_i^j d^j \geq D \text{ en la que } x_i^j \text{ es una restricción de integridad detallada a continuación,} \right.$$

Búsqueda de una velocidad máxima bajo la restricción de un nivel de potencia de emisión global total  $P_{tot}$  (por

25 ejemplo potencia del emisor considerada). El criterio será entonces  $\text{máx } \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^m x_i^j d^j \quad \left| \quad \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^m x_i^j P_i^j < P_{tot}$  en la

que n es el número de canales de 3 kHz máximo considerado.

En el ejemplo dado,  $P_{tot}$  designa la potencia de cresta o media. Pueden afinarse diferentes soluciones, pudiendo utilizarse varios factores de recálculo u OBO (Output back-off) según el empleo o no de saturación conocido bajo la expresión anglosajona "clipping", los valores de n, el tipo de modulación. Por omisión, en modo XL se recomienda aplicar un "clipping" de valor de 6 a 8 dB y trabajar con relación a una potencia media útil.

30

En todos los casos, estas ecuaciones se escriben con una restricción de integridad de elección de modulación por frecuencia, representado por la variable entera  $x_i^j$  (que vale 1 cuando la frecuencia  $f_i$  se emplea con la j-ésima velocidad  $d^j$ ):

$$\forall i = 1...N, j = 1...m, x_i^j \in N$$

35 
$$\forall i = 1...N, \sum_{j=1}^m x_i^j \leq 1$$

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^m x_i^j \leq n$$

40 **2-F:** se añade un filtrado sobre la conformidad del espectro emitido (resultante del multiplex en frecuencia) al patrón de frecuencias de potencia autorizada. Las diferentes configuraciones se ensayan y validan o no según que respeten un patrón deseado. En particular, se puede así adaptar a unas configuraciones de antena, sitios conjuntos diferentes.

Etapa 3, Optimización utilizando una función de coste

Una manera de proceder es resolver el problema considerando una función de coste del tipo  $\zeta = \frac{\text{velocidad}}{\text{potencia}}$  para

determinar una buena configuración de frecuencias.

En la práctica, considerando las frecuencias del conjunto  $S'''$ , se definen los costes  $\zeta_i^j = \frac{d^j - d^{j-1}}{P_i^j - P_i^{j-1}}$  que las clasifican, por ejemplo se clasifican los diferentes incrementos por orden creciente.

5 Se añaden entonces los incrementos más reducidos para tener la solución al problema considerado (compárese con el criterio indicado en la etapa 2-E). En cada etapa, se verifican las eventuales restricciones específicas (compárese con la etapa 2-F), modificando si es necesario el coste de la configuración que no permita el respeto de estas restricciones (paso a coste > máximo).

Es posible acelerar el proceso, por ejemplo, comenzando el conjunto de los incrementos, retirando los más elevados para obtener la solución a un problema de tipo velocidad máxima.

10 En todos los casos se puede disponer para recalculer el coste llevándole a un valor máximo si una frecuencia no permite respetar las restricciones suplementarias del tipo 2-F.

Se dan a título ilustrativo y en ningún caso limitativo algunos ejemplos de realización del procedimiento. Considerando un ejemplo de frecuencias  $S = \{f_1^0, \dots, f_{10}^0\}$  que dan, después del filtrado sobre las condiciones de servicio y de frecuencias pasantes el conjunto

15  $S''' = \{f_1, f_2, f_3\}$

El análisis de la banda considerada y de las informaciones de calidad permite atribuir:

- $f_1$ : 1W => 3200 b/s; 3,5 W => 4800 b/s estando prohibidas las otras velocidades para  $f_1$  a  $P_{\text{máx}} 5W$
- $f_2$ : 2W => 3200 b/s; 4,5 W => 4800 b/s; 8,5W => 6400 b/s estando prohibidas las otras velocidades para  $f_2$  a  $P_{\text{máx}} 10W$
- $f_3$ : 3W => 3200 b/s; 6 W => 4800 b/s; 10W => 6400 b/s, 20W => 9600 b/s siendo correctas todas estas velocidades con relación a  $P_{\text{máx}} 400W$  para  $f_3$

20  $\zeta_1^1 = 3200/1 = 3200$

$\zeta_1^2 = 1600/2,5 = 640$

$\zeta_2^1 = 3200/2 = 1600$

25  $\zeta_2^2 = 1600/2,5 = 640$

$\zeta_2^3 = 1600/4 = 400$

$\zeta_3^1 = 3200/3 = 1067$

$\zeta_3^2 = 1600/3 = 533$

$\zeta_3^3 = 1600/4 = 400$

30  $\zeta_3^4 = 3200/10 = 320$

se obtiene por tanto:  $\zeta_1^1 \geq \zeta_2^1 \geq \zeta_3^1 \geq \zeta_1^2 \geq \zeta_2^2 \geq \zeta_3^2 \geq \zeta_2^3 \geq \zeta_3^3 \geq \zeta_3^4$ .

Se alcanzará por tanto una velocidad D de 10 kb/s con potencia mínima utilizando las tres frecuencias  $f_1, f_2$  y  $f_3$  siendo  $f_1$  a 4800 b/s,  $f_2$  a 3200 b/s y  $f_3$  a 3200 b/s.

35 Si una verificación del patrón resultante mostrara un no respeto de las restricciones debido, por ejemplo, a una desviación demasiado grande de  $f_2$  con relación a las otras frecuencias, se eliminaría  $f_2$  de las elecciones, sus costes se podrían al máximo y se obtendría entonces la velocidad D buscada de 10 kb/s siendo  $f_1$  a 4800 b/s y  $f_3$  a 6400 b/s.

40 Este tipo de problema de optimización bajo restricciones se trata particularmente bien con la clase de algoritmos por separación y evaluación conocidos bajo la expresión anglosajona "branch and bound". Este principio permite combinar un procedimiento recursivo de enumeración de las combinaciones, con una evaluación de soluciones parciales (variables parcialmente afectadas) que evita la exploración exhaustiva de las combinaciones. Por ejemplo, si el criterio de potencia máxima no se verifica para un conjunto de dos canales, es inútil explorar todos los otros

conjuntos que incluyen estos canales.

El procedimiento según la invención permite principalmente determinar una solución de empleo de las frecuencias que respetan las asignaciones hechas, y en particular unas limitaciones que pueden vincularse al tipo de servicio considerado, un tipo de uso de las frecuencias y a unas restricciones de radio de tipo patrón, emisiones de sitios conjuntos. El procedimiento permite gestionar la asignación de canales a unas transmisiones de banda estrecha o a unas transmisiones de banda ancha, sin tener que particularizar necesariamente estos canales. Debido a esto, el procedimiento permite una puesta en común de canales de banda estrecha para estos dos tipos de transmisión. El procedimiento permite principalmente tener en cuenta el patrón espectral resultante de la selección del multiplex y rechazar una configuración que podría no estar de acuerdo con la norma.

- 5
- 10 La solución ofrecida por el procedimiento según la invención ofrece principalmente las siguientes ventajas:
- es compatible con diferentes normas y criterios que se pueden desear ver respetados, pero igualmente con configuraciones particulares, las antenas con anchura de banda más estrecha, por simple modificación de las reglas de filtrado y/o de la función de coste,
  - es compatible con el empleo simultáneo de las normas 2G/3G existentes por otras estaciones de radio que
  - 15 • permiten determinar una configuración de emisión optimizada en función del criterio buscado, velocidad máxima, potencia mínima a la velocidad dada, etc.

Finalmente el procedimiento puede utilizarse unilateralmente en el lado de la estación emisora proporcionando simplemente al receptor las frecuencias retenidas.

20

**REIVINDICACIONES**

1. Procedimiento de gestión de la asignación dinámica de frecuencias de AF en una red de comunicación de banda ancha que comprende varios usuarios (10i), siendo atribuido a cada usuario un conjunto de frecuencias  $S = \{f_i\}_{i=1, \dots, N_0}$ , una frecuencia que tenga uno o varios servicios SLA autorizados, un nivel de potencia máxima  $P_{\text{máx}}$  por los servicios SLA y un tipo de uso asociado, **caracterizado porque** incluye al menos las etapas siguientes:

para cada usuario

- determinar el intervalo de las frecuencias pasantes para el usuario para un enlace y un servicio SLA considerados, conjunto  $S'$  (2-A),
- establecer el conjunto de las frecuencias  $S''$  autorizadas en el intervalo de emisión del usuario teniendo para cada frecuencia las diferentes configuraciones de potencia y de modulación, intersección entre el conjunto  $S$  y el intervalo de las frecuencias pasantes  $S'$  (2-B),
- analizar el espectro recibido, con el fin de determinar la o las frecuencias utilizadas, y decidir, en función de su tipo de uso asociado, si deben excluirse, con el fin de formar un conjunto  $S'''$  de  $N$  frecuencias  $f_l$  posibles (2-C),

en cada enlace que contiene a los usuarios

- para cada frecuencia  $f_l$  del conjunto  $S'''$ , determinar la potencia necesaria  $\tilde{P}_i^j, i = 1 \dots N, j = 1 \dots m$  para cada una de las  $m$  configuraciones velocidad/forma de onda posibles teniendo en cuenta el límite de potencia para cada frecuencia  $f_l$  (2-D),
- asignar las frecuencias  $f_l$  del conjunto  $S'''$  a los diferentes usuarios, su modulación y su potencia teniendo en cuenta la restricciones multi-portadoras tales como la banda total máxima, la potencia total, la conformidad con el espectro emitido, resultante de la utilización simultánea de las frecuencias  $f_l$ , con el patrón de frecuencias de potencia autorizado.

2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** para un usuario y un servicio considerado SLA se determina en el curso del funcionamiento del procedimiento la lista de las  $m$  configuraciones velocidades/formas de onda que pueden concebirse para el servicio SLA.

3. Procedimiento según la reivindicación 1 **caracterizado porque** se determina la potencia necesaria  $\tilde{P}_i^j, i = 1 \dots N, j = 1 \dots m$  aplicando la regla:

$$\text{si } \tilde{P}_i^j > P_{\text{tot}}, \text{ entonces } P_i^j = P_{\text{tot}} + 1$$

$$\text{si } \tilde{P}_i^j \leq P_{\text{tot}}, \text{ entonces } P_i^j = \tilde{P}_i^j .$$

4. Procedimiento según la reivindicación 1 **caracterizado porque** se utiliza una función de coste del tipo velocidad/potencia para determinar la configuración de las frecuencias.

5. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3 **caracterizado porque** se define una función de coste  $\zeta = \frac{\text{velocidad}}{\text{potencia}}$  y los costes  $\zeta_j^i = \frac{d^j - d^{j-1}}{P_i^j - P_i^{j-1}}$  y se clasifican los diferentes incrementos por orden creciente.

6. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores **caracterizado porque** se realiza la etapa de resolución bajo restricciones de la asignación de frecuencias según el criterio deseado utilizando uno de los criterios siguientes:

búsqueda de una velocidad objetivo  $D$  utilizando una potencia global mínima

$$\text{mín } \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^m x_i^j P_i^j \quad \left| \quad \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^m x_i^j d^j \geq D$$

búsqueda de una velocidad máxima bajo la restricción de un nivel de potencia de emisión global total  $P_{\text{tot}}$

$$\text{máx } \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^m x_i^j d^j \quad \left| \quad \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^m x_i^j P_i^j < P_{\text{tot}}$$

en la que  $n$  es el número de canales de 3 kHz máximo considerado.

7. Procedimiento según la reivindicación 6 **caracterizado porque** se utiliza una restricción de integridad de elección

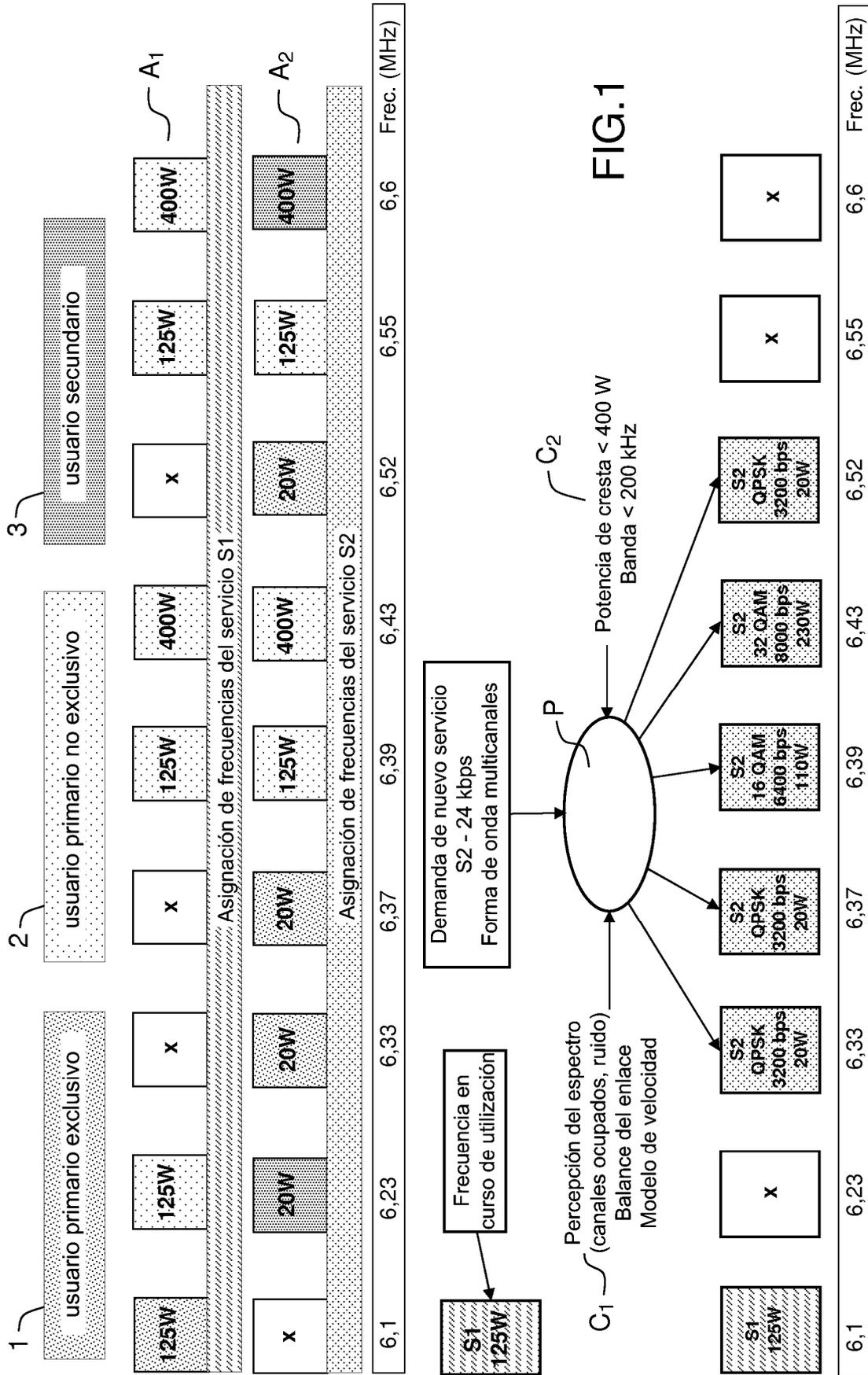
de modulación por frecuencia, representado por la variable entera  $x_i^j$ :

$$\forall i = 1 \dots N, j = 1 \dots m, x_i^j \in N$$

$$\forall i = 1 \dots N, \sum_{j=1}^m x_i^j \leq 1$$

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^m x_i^j \leq n$$

- 5 8. Procedimiento según la reivindicación 7 **caracterizado porque** la variable entera puede ser igual a 1 cuando la frecuencia  $f_i$  se emplea con la  $j$ -ésima velocidad  $d_j$ .
9. Sistema para gestionar la asignación dinámica de frecuencias de AF en una red de comunicación de banda ancha que comprende varios usuarios, siendo atribuido un conjunto de frecuencias  $S = \{f_i\}_{i=1, \dots, N_0}$  a cada usuario, teniendo una frecuencia uno o varios servicios SLA autorizados, un nivel de potencia máxima  $P_{\text{máx}}$  por los servicios SLA y un tipo de uso asociado, **caracterizado porque** cada usuario incluye al menos unos medios (11i) de emisión/recepción, un módulo (12i) de comunicación, un procesador (13i) adaptado para ejecutar las etapas del procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 8, una memoria (14i) de almacenamiento del plan de frecuencias para un servicio SLA.
- 10 10. Uso del procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 8 o del sistema según la reivindicación 9 para las transmisiones de alta frecuencia de cuarta generación o 4G.
- 15



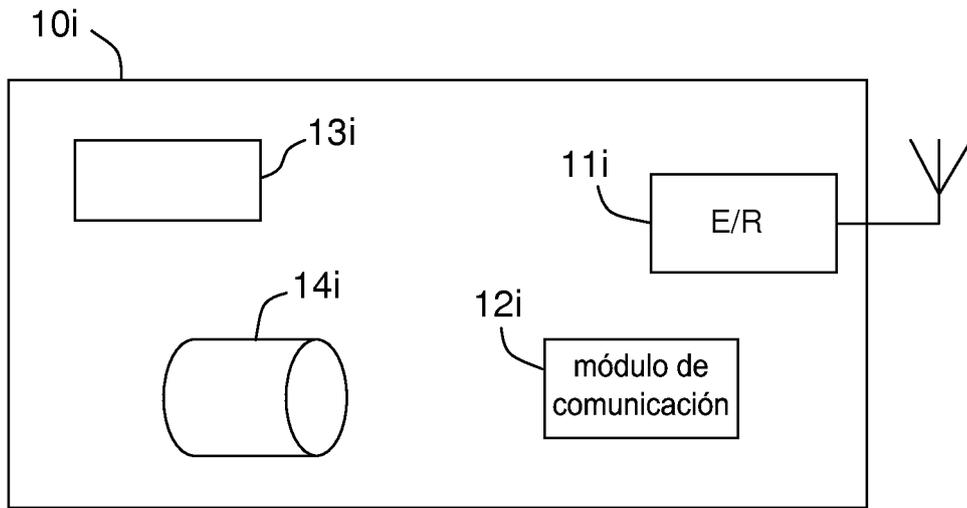


FIG.2