

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 729 332**

51 Int. Cl.:

H04W 16/14 (2009.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.05.2016** E 17155544 (4)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.03.2019** EP 3242504

54 Título: **Procedimiento y nodo para operar dos sistemas de comunicación**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
31.10.2019

73 Titular/es:
KAPSCH CARRIERCOM AG (100.0%)
Lehrbachgasse 11
1120 Wien, AT

72 Inventor/es:
JACQUES, ROGER;
BOTET, GIL y
GRUET, CHRISTOPHE

74 Agente/Representante:
CONTRERAS PÉREZ, Yahel

ES 2 729 332 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 y nodo para operar dos sistemas de comunicación.

5 La presente invención se refiere a un procedimiento para operar un primer y un segundo sistema de comunicación, que tienen una primera y una segunda banda de frecuencia, respectivamente, para uso en la comunicación entre un terminal de usuario y un nodo de una red celular, en el que el primer sistema de comunicación tiene al menos dos canales de banda estrecha, que se distribuyen con un espaciado o separación entre sí en la primera banda de frecuencia. La invención se refiere además a un nodo de una red celular para la comunicación con el terminal de
10 usuario.

La comunicación entre trenes y una red estacionaria se realiza tradicionalmente de acuerdo con el estándar GSM-R, que típicamente tiene una banda de frecuencia de 4 MHz. Naturalmente, es un objetivo del operador de red actualizar su red a estándares de banda ancha más nuevos, tal como LTE. Sin embargo, dado que el GSM-R está
15 implementado ampliamente en casi todas las redes ferroviarias y, por lo tanto, se ha demostrado que es un estándar de comunicación confiable y probado para dichas redes, no es deseable un simple reemplazo del GSM-R por LTE. Sin embargo, el operador de red no puede simplemente adquirir más ancho de banda para ejecutar ambos sistemas de comunicación en paralelo debido a problemas económicos y de disponibilidad. Los sistemas de comunicación dual conocidos, por otro lado, requieren el uso de bandas de frecuencia espaciadas (o separadas) que consumen
20 muchos recursos y, por lo tanto, no son aplicables a las redes ferroviarias.

El documento Kapsch CarrierCom France SAS: "Elements for assessing impact of ER-GSM systems introduction", 3GPP Draft; GP-130098 Elements for Assessing Impact of ER-GSM Systems Introduction, describe el impacto de un sistema GSM-R de enlace descendente en la banda de enlace ascendente cercana dedicada a operaciones públicas
25 que gestionan sistemas GSM, UMTS o LTE.

El documento WO 2015/36751 A1 muestra que los recursos de red de IoT (Internet of Things) pueden utilizarse en un ancho de banda no utilizado en un sistema de comunicación GSM o LTE.

30 El documento WO 2010/091713 muestra una gestión de recursos de radio GERAN y LTE que comparten la misma asignación de espectro. LTE utiliza información del GSM en el área de frecuencia compartida y evita la asignación de los bloques de recursos ocupados.

Sin embargo, el rendimiento de dichos sistemas es limitado.

35 Es un objetivo de la presente invención superar los inconvenientes del estado de la técnica.

Para este fin, en un primer aspecto, la invención proporciona un procedimiento para operar un primer y un segundo sistema de comunicación, que tienen una primera y una segunda banda de frecuencia predeterminada,
40 respectivamente, para uso en la comunicación entre un terminal de usuario y un nodo de una red celular, en el que el primer sistema de comunicación tiene al menos dos canales de banda estrecha, que se distribuyen con un espaciado o separación entre sí en la primera banda de frecuencia, en el que el segundo sistema de comunicación tiene un conjunto de recursos de canal, que se distribuyen de forma contigua en la segunda banda de frecuencia,
45 en el que la primera y la segunda banda de frecuencia se superponen, en el que la comunicación a través del segundo sistema de comunicación se realiza solo en aquellos recursos de canal que no se superponen con los canales de banda estrecha del primer sistema de comunicación, en el que el primer sistema de comunicación es operado según el estándar GSM-R mientras el segundo sistema de comunicación es operado según el estándar LTE, y
50 en el que se usan un canal de control de enlace descendente físico mejorado (EPDCCH) y símbolos de referencia de demodulación (DM-RS) en lugar del canal de control de enlace descendente físico (PDCCH) y símbolos de referencia regulares (RS) del sistema LTE, en el que la superposición de las bandas de frecuencia es seleccionada de tal manera que se minimiza el número de recursos de canal del segundo sistema de comunicación que se superponen con los canales de banda estrecha del
55 primer sistema de comunicación.

La invención aprovecha el hecho de que los canales de banda estrecha, también denominados portadores de frecuencia, de los sistemas de banda estrecha, tales como GSM-R tienen vacíos (espacios) entre ellos, en los que se pueden utilizar recursos de canal del segundo sistema de comunicación, por ejemplo, un sistema de banda
60 ancha. El procedimiento de la invención, por lo tanto, utiliza bandas de frecuencia no utilizadas previamente del primer sistema de comunicación para crear un sistema de comunicación dual más denso. De esta manera, se pueden co-ubicar dos sistemas de comunicación en una sola banda de frecuencia, de modo que ambos sistemas juntos pueden usar todo el ancho de banda.

El primer sistema de comunicación es operado según el estándar GSM-R (Sistema Global para Comunicaciones Móviles para Ferrocarril) mientras que el segundo sistema de comunicación es operado según el estándar LTE (Evolución a Largo Plazo). Si bien también es factible el uso de otros estándares de comunicación con la invención, la combinación del GSM-R y LTE es especialmente ventajosa ya que en el GSM-R solo se utilizan muy pocos canales de banda estrecha para mantener la calidad y fiabilidad de recepción. Los recursos de canal del LTE, los denominados bloques de recursos, están lo suficientemente bien como para ubicarse entre los canales de banda estrecha del GSM-R, lo que produce una combinación efectiva de los dos sistemas de comunicación.

10 Utilizando el canal de control de enlace descendente físico mejorado (EPDCCH) y los símbolos de referencia de demodulación (DM-RS) en lugar del canal de control de enlace descendente físico (PDCCH) y los símbolos de referencia regulares (RS) del sistema LTE, el rendimiento del sistema aumenta.

Se prefiere especialmente si el ancho de banda de la primera banda de frecuencia es sustancialmente de 4 MHz y el ancho de banda de la segunda banda de frecuencia es sustancialmente de 5 MHz, en el que la primera banda de frecuencia se encuentra dentro de la segunda banda de frecuencia. Con esto, se pueden seguir utilizando las bandas de frecuencia ya existentes del GSM-R (GSM-R heredado) y se pueden mejorar con el LTE. El operador del sistema no tiene que adquirir nuevas bandas de frecuencia. Además, se prefiere que solo se usen aquellos recursos de canal del segundo sistema de comunicación que se encuentran completamente dentro de la primera banda de frecuencia. De esta manera, no se tiene que extender una primera banda de frecuencia existente previamente. De este modo, la banda de frecuencia de 5 MHz del LTE se adapta fácilmente a la banda de frecuencia del GSM-R de acuerdo con la invención.

Se prefiere la superposición de las bandas de frecuencia, si es posible, de tal manera que se minimice el número de recursos de canal del segundo sistema de comunicación que se superponen con los canales de banda estrecha del primer sistema de comunicación. Esto se puede lograr seleccionando apropiadamente la primera o preferiblemente la segunda banda de frecuencia predeterminada en frecuencia. De este modo, se puede reducir la cantidad de recursos de canal que se superponen con un solo canal de banda estrecha, por ejemplo, de tres a dos. En la forma de realización preferida de anchos de banda de 4 MHz y 5 MHz para las dos bandas de frecuencia, se puede aumentar la cantidad de recursos disponibles de doce a trece.

Además, de manera ventajosa, la superposición del primer sistema de comunicación y el segundo sistema de comunicación se selecciona de modo que los recursos de canal que se usan como recursos de canal comunes para la sincronización en el segundo sistema de comunicación caigan dentro de un único espaciado del primer sistema de comunicación. En LTE, por ejemplo, los canales de sincronización comunes, en concreto, los canales de sincronización primario y secundario P-SCH y S-SCH, ocupan bloques de recursos de la banda de frecuencia generalmente centrales y contiguos. Mapeando estos recursos de canal con un espaciado único entre los canales de banda estrecha del primer sistema de comunicación, se puede mantener la sincronización entre el terminal de usuario y los nodos de la red celular.

Como dichos canales de sincronización comunes a veces ocupan más recursos de canales contiguos que pueden caber en un espaciado entre dos canales de banda estrecha del primer sistema de comunicación, no siempre se puede realizar el procedimiento mencionado anteriormente. Para solucionar este problema, uno de los recursos de canal del segundo sistema de comunicación que no se superpone con los canales de banda estrecha del primer sistema de comunicación es configurado en un modo NB-LTE (LTE de banda estrecha). De este modo, se selecciona un recurso de canal, en el que se centraliza un canal de sincronización común. El terminal de usuario utiliza este recurso de canal específico para descubrir, sincronizar y solicitar acceso a la solución LTE de la invención.

Para facilitar esto, se pone a disposición del terminal de usuario una lista de los recursos de canal que se superponen o no se superponen con los canales de banda estrecha del primer sistema de comunicación para construir un subconjunto de recursos de canal disponibles. Por lo tanto, el terminal de usuario sabe qué recursos de canal del segundo sistema de comunicación están disponibles para la comunicación, sin la necesidad de recursos de canal contiguos.

Preferiblemente, los recursos de canal del segundo sistema de comunicación que no se superponen con los canales de banda estrecha del primer sistema de comunicación son reconfigurados como un sistema LTE con recursos de canal contiguos virtualmente. En una forma de realización, el número de canales de recursos disponibles se reduce a un número máximo permitido por el estándar aplicable. En otras formas de realización, especialmente para LTE, se pueden aprovechar las asimetrías de enlace ascendente y enlace descendente para seleccionar libremente cualquier número de recursos de canal de 6 a 110 para el conjunto virtual de recursos de canal contiguos. Los recursos de canal contiguos reenumerados se pueden usar para la comunicación a través de este segundo sistema de comunicación "virtualizado" sin alterar la estructura de las capas de comunicación superiores en base a ello.

Para reducir las interferencias causadas por los recursos de canal activos del segundo sistema de comunicación para los canales de banda estrecha del primer sistema de comunicación, el nodo minimiza el número de concesiones de asignación de enlace ascendente en recursos de canal adyacentes a los canales activos de banda estrecha del primer sistema de comunicación. Esto sirve para proteger la calidad de las comunicaciones GSM-R. Con este fin, se pueden medir y evaluar las intensidades de señal recibidas en los recursos de canal adyacentes a los canales de banda estrecha para determinar una temporización de la actividad en los canales de banda estrecha.

Para reducir aún más las interferencias causadas por las transmisiones de enlace ascendente de mayor potencia, el nodo asigna a los terminales de usuario que utilizan recursos de canal para el enlace ascendente con un nivel de potencia elevado unos recursos de canal alejados de los canales de banda estrecha activos del primer sistema de comunicación. De nuevo, esto sirve para proteger la calidad de las comunicaciones GSM-R.

En un segundo aspecto, la invención proporciona un nodo de una red celular de acuerdo con la reivindicación independiente 8.

El nodo es, de este modo, capaz de realizar la comunicación con terminales de usuario a través de ambos sistemas de comunicación, lo que significa que los dos sistemas de comunicación están co-ubicados en el mismo nodo para aumentar el rendimiento del sistema de comunicación combinado.

Todas las formas de realización del procedimiento de la invención y sus ventajas correspondientes son también aplicables al nodo de la invención.

Ahora se explicará la invención en más detalle a continuación en base a ejemplos de formas de realización preferidas de la misma con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

La figura 1 muestra una red celular lineal con nodos según la invención;
 La figura 2 muestra una primera banda de frecuencia con canales de banda estrecha de un primer sistema de comunicación;
 La figura 3 muestra una segunda banda de frecuencia con recursos de canal contiguos de un segundo sistema de comunicación;
 La figura 4 muestra una co-ubicación de los sistemas de comunicación de las figuras 2 y 3 realizada según la invención; y
 La figura 5 muestra esquemáticamente una forma de realización del procedimiento de la invención para crear recursos de canal contiguos virtualmente.

La figura 1 muestra una red celular 1 con una topología celular unidimensional ("lineal"). En este tipo de red, los nodos 2 comunican datos 3 con terminales de usuario 4, que solo viajan en una dirección d_L o la dirección opuesta correspondiente d_R , por ejemplo, viajando en un tren 5 en una vía ferroviaria 6, conduciendo un automóvil en una carretera o en un túnel, etc.

Con referencia adicional a la figura 1, cada nodo 2 tiene una antena omnidireccional 7 montada en un soporte 8 y controlada por un transceptor 9. Las antenas omnidireccionales 7 - o múltiples antenas 7 que transmiten el mismo contenido - comunican datos 3 en ambas direcciones d_L , d_R del nodo 2, es decir, no importa si un terminal de usuario 4 está ubicado a la izquierda o a la derecha de un nodo 2 para establecer la comunicación. Cada antena 7 exhibe así un área de cobertura 10 con un rango r . También son posibles otras antenas, por ejemplo, antenas de este tipo que comunican datos de forma independiente al lado izquierdo y al lado derecho d_L , d_R . Dichas antenas se describen, por ejemplo, en la solicitud de patente europea no publicada nº 16 166 025.3 presentada anteriormente.

Los nodos 2 y los terminales de usuario 4 pueden comunicar datos 3 por medio de dos sistemas de comunicación separados 11 (Figura 2) y 12 (Figura 3) de acuerdo con dos estándares diferentes, siendo el primer sistema de comunicación un sistema de banda estrecha tal como GSM o GSM-R y siendo el segundo sistema de comunicación un sistema de banda ancha o banda ultra ancha tal como 3GPP LTE / LTE-A o IEEE WiMAX 802.17e. En la forma de realización descrita a continuación, el primer sistema de comunicación 11 es operado de acuerdo con el estándar GSM-R y el segundo sistema de comunicación 12 es operado de acuerdo con el estándar LTE. Para este fin, cada nodo 2 puede comprender dos antenas 7, transceptores 9, e incluso soportes 8. Las partes individuales de dicho nodo 2 "distribuido" o "dividido" pueden incluso estar espaciadas o separadas entre sí siempre que las áreas de cobertura 10 de sus antenas 7 se superpongan al menos parcialmente. Sin embargo, en la mayoría de las formas de realización, las antenas 7 para los dos sistemas de comunicación 11, 12 están co-ubicadas de manera que las áreas de cobertura 10 también están co-ubicadas en la medida de lo posible.

La figura 2 muestra una forma de realización del primer sistema de comunicación 11 de acuerdo con el estándar GSM-R y que tiene una primera banda de frecuencia 13 con un ancho de banda BW_1 de 4 MHz. Según el GSM-R,

se usa una banda de frecuencia 13 para el enlace descendente en el rango de frecuencia desde 921 MHz hasta 925 MHz y se usa una banda de frecuencia 13 para el enlace ascendente en el rango de frecuencia desde 876 MHz hasta 880 MHz. Las formas de realización descritas a continuación son válidas tanto para la banda de frecuencia 13 de enlace ascendente como para la de enlace descendente.

5

Para el presente sistema GSM-R, se consideran dos canales de banda estrecha 14 por cada nodo 2. Un terminal de usuario 4 comunica datos 3, por ejemplo, comunicación de voz, por medio de ranuras de tiempo asignadas en uno de estos dos portadores 14 con un primer nodo 2 cuando se encuentra en el área de cobertura 10 de este primer nodo 2. Para evitar interferencias del primer nodo 2, el terminal de usuario 4 comunica datos 3 a través de dos canales diferentes de banda estrecha 15 con un segundo nodo vecino 2 una vez que entra en el área de cobertura 10 de este segundo nodo 2. Un tercer nodo 2 usaría de nuevo los canales de banda estrecha 14 del primer nodo 2 ante una reducción suficiente de interferencias del primer nodo 2 a causa de la gran distancia entre el primer y el tercer nodo 2. Sin embargo, dicho tercer nodo 2 también podría utilizar canales de banda estrecha diferentes a los utilizados por los dos nodos 2 anteriormente para reducir aún más las interferencias.

15

Se entiende, además, que también puede haber sólo uno o más de dos canales de banda estrecha 14, 15 por cada nodo 2. Los canales de banda estrecha 14, 15 son distribuidos con espaciados o separaciones 16 entre sí en la primera banda de frecuencia 13. Los espaciados mínimos de uso 16 suelen ser de 400 o 600 kHz de ancho, mientras que los canales de banda estrecha tienen un ancho de aproximadamente 200 kHz.

20

La figura 3 muestra una forma de realización del segundo sistema de comunicación 12 que tiene una segunda banda de frecuencia 17 con un ancho de banda BW_2 de 5 MHz. El segundo sistema de comunicación 12 tiene un conjunto 18 de recursos de canal 19 que se distribuyen de forma contigua en la banda de frecuencia 17. Si el segundo sistema de comunicación 12 es operado según el estándar LTE, estos recursos de canal 19 se denominan bloques de recursos y cada uno de ellos tiene 180 KHz de ancho, produciendo 25 bloques de recursos 19 para un ancho de banda de 5 MHz. En general, el estándar LTE permite unos anchos de banda totales estandarizados BW_2 de 1,4 MHz, 3 MHz, 5 MHz, 10 MHz y 20 MHz, lo que corresponde a 6 hasta 110 bloques de recursos contiguos 19.

25

En algunas formas de realización de LTE, las estructuras de los canales de enlace descendente y de enlace ascendente para el LTE están separadas en frecuencia, de manera que hay una banda de frecuencia 17 para el enlace descendente y una banda de frecuencia 17 para el enlace ascendente. En este caso, la banda de frecuencia de enlace descendente 17 del sistema de comunicación 12 se puede superponer con la banda de frecuencia del enlace descendente 13 del sistema de comunicación GSM-R 11, y la banda de frecuencia del enlace ascendente 17 del sistema de comunicación 12 se puede superponer con la banda de frecuencia del enlace ascendente 13 del sistema de comunicación GSM-R 11. Sin embargo, en otras formas de realización de LTE, se usa la multiplexación por división de tiempo para los canales tanto de enlace ascendente como de enlace descendente en cualquiera de las bandas de frecuencia 17, de modo que también son posibles estructuras de canales mixtas.

30

Los sistemas LTE tal como el sistema 12 suelen utilizar canales de sincronización comunes 20 para la sincronización entre terminales de usuario 4 y los nodos 2, que suelen ocupar seis bloques de recursos centrales contiguos 19 (que se muestran en la figura 3 en gris oscuro) para la banda de frecuencia de enlace descendente 17. La banda de frecuencia de enlace ascendente 17 normalmente no tiene una señal de sincronización dedicada y en la mayoría de los casos es sincronizada por medio de la señal de enlace descendente.

35

Para permitir que un solo nodo 2 se comunique con terminales de usuario 4 capaces de comunicarse solo de acuerdo con el GSM-R o el LTE, o con un terminal de usuario 4 capaz de comunicarse en ambos estándares de forma simultánea o sucesiva, se toman las siguientes medidas.

40

Según la figura 4, una primera banda de frecuencia (por ejemplo, GSM-R) 13 y una segunda banda de frecuencia (por ejemplo, LTE) 17 se superponen de tal manera que la primera banda de frecuencia 13 está completamente contenida dentro de la segunda banda de frecuencia 17. Sin embargo, también son posibles bandas de frecuencia 13, 17 que se superponen parcialmente.

45

Para hacer posible la comunicación a través de ambos sistemas de comunicación 11, 12, la comunicación a través del segundo sistema de comunicación 12 solo se realiza en aquellos de sus recursos de canal 19 que no se superponen con los canales de banda estrecha 14, 15 del primer sistema de comunicación 11. Dado que a veces solo el ancho de banda BW_1 del primer sistema de comunicación 11 está disponible para el operador, la comunicación a través del segundo sistema de comunicación 12 también se puede realizar en aquellos recursos de canal 19 que se encuentran completamente dentro de la primera banda de frecuencia 13. Esto produce como resultado un patrón de recursos de canal 19 que están "inhabilitados" para la comunicación, según se muestra en la figura 4 en blanco, o disponibles para la comunicación, según se muestra en la figura 4 en gris claro.

50

55

60

La figura 4 muestra además que un canal de banda estrecha 14, 15 ocupa dos o tres recursos de canal 19. Por lo tanto, la superposición de las bandas de frecuencia 13, 17 se selecciona, si es posible, de tal manera que se minimiza el número de recursos de canal 19 del segundo sistema de comunicación 12 que se superponen con los canales de banda estrecha 14, 15 del primer sistema de comunicación 11. Dados los anchos de banda BW_1 , BW_2 de los sistemas de comunicación 11, 12, de 4 MHz y 5 MHz, respectivamente, esto produce doce o trece recursos de canal 19 disponibles para la comunicación.

En función de los anchos de banda BW_1 , BW_2 de los sistemas de comunicación 11, 12, todos los seis canales de sincronización comunes contiguos 20 para, por ejemplo, una banda de frecuencia LTE 17 pueden estar disponibles para la comunicación. En el ejemplo de la figura 4, sin embargo, solo cinco recursos de canal centrales y contiguos 19 están disponibles para la comunicación, por lo que no se pueden alojar canales de sincronización comunes del LTE convencional. Para dicho escenario, se proporciona un procedimiento diferente para la sincronización entre los terminales de usuario 4 y los nodos 2, el cual se describe ahora por medio de la figura 5.

La figura 5 muestra en su diagrama superior veinticinco recursos de canal 19 de un segundo sistema de comunicación 12, en el que los recursos de canal 19 que están disponibles para la comunicación se representan en gris claro y los recursos de canal 19 que no están disponibles para la comunicación están en blanco. Uno de los recursos de canal 19 del segundo sistema de comunicación 12 que está disponible para la comunicación, es decir, que no se superpone con los canales de banda estrecha 14, 15 del primer sistema de comunicación 11, es configurado en un modo NB-LTE (LTE de banda estrecha), representado en gris oscuro y designado con "21".

A través de la configuración de un recurso de canal 19 en el modo NB-LTE, los canales de sincronización de enlace descendente y de enlace ascendente pueden estar centralizados en un solo recurso de canal 21. Este recurso de canal específico 21 es utilizado por el terminal de usuario 4 para descubrir, sincronizar, y solicitar acceso a la solución LTE propuesta en este documento. Además, la información sobre los otros recursos de canal 19 disponibles para la comunicación se pone a disposición del terminal de usuario 4 a través de este recurso de canal NB-LTE 21. Esta información contiene, por ejemplo, una lista de los recursos de canal 19 que se superponen o no se superponen con los canales de banda estrecha 14, 15 del primer sistema de comunicación 11, con el fin de construir un subconjunto de recursos de canal disponibles 22. Además, la configuración de ancho de banda del segundo sistema de comunicación 12, es decir, en este caso el ancho de banda BW_2 de 5 MHz y el rango (numeración) del recurso de canal 21 que está configurado en el modo NB-LTE, en este caso el rango "3", se ponen a disposición del terminal de usuario 4.

La etapa 23 muestra la reconfiguración de los recursos de canal 22 disponibles para la comunicación como un sistema LTE con recursos de canal contiguos virtualmente. Además, en una etapa 24, se puede adaptar un rango 25 de los recursos de canal 22 disponibles para la comunicación, es decir, de los recursos de canal contiguos virtualmente, de tal manera que los recursos de canal tengan rangos en constante aumento. La figura 5 muestra que el recurso de canal 21 configurado en el modo NB-LTE es ahora el primer recurso de canal del sistema LTE "virtual" reconfigurado. Sin embargo, el recurso de canal 21 configurado en el modo NB-LTE puede ser, alternativamente, cualquiera de los recursos de canal 22 disponibles para la comunicación.

Se puede observar que el nuevo sistema LTE contiguo virtualmente tiene una estructura de doce o trece recursos de canal (bloques de recursos) 19, lo que puede no estar permitido de acuerdo con los estándares del LTE convencional, que están estandarizados para 6, 15, 25, 50, 75, o 100 bloques de recursos. Una opción sería inhabilitar aún más recursos de canal 19 para alcanzar una cantidad de recursos de canal disponibles 22 permitidos por el LTE. Una opción diferente es simplemente eludir esta restricción asignando las bandas de enlace ascendente y descendente 17 de forma asimétrica, es decir, no estrictamente de acuerdo con un estándar LTE. Esto puede hacerse anunciando al terminal de usuario el nuevo número modificado de recursos de canal, por ejemplo, a través de mensajes SysInfo del RRC (Control de Recursos de Radio) modificado del estándar LTE.

Además, como refinamiento opcional, ciertos canales de control del LTE, que generalmente abarcan todo el ancho de banda BW_2 del sistema, pueden ser reemplazados por canales de control mejorados que solo abarcan una pequeña parte del ancho de banda BW_2 . Específicamente, el canal de control de enlace descendente físico (PDCCH) y los denominados símbolos de referencia (RS) pueden ser eliminados de los recursos de canal 19 y reemplazados por un canal de control de enlace descendente físico mejorado (ePDCCH) y los denominados símbolos de referencia de demodulación (DM-RS), que se utilizan para la demodulación del ePDCCH. Esto aumenta el rendimiento del enlace descendente ofrecido a los terminales de usuario 4.

Según se ha mencionado anteriormente, es importante minimizar las interferencias entre canales. Para este fin, en primer lugar, el nodo 2 puede minimizar el número de concesiones de asignación de enlace ascendente LTE en los recursos de canal 19 de una banda de frecuencia de enlace ascendente LTE 17 que son adyacentes a canales activos de banda estrecha 14 del primer sistema de comunicación 11. Las concesiones de asignación de enlace ascendente LTE pueden, por ejemplo, ser asignadas a recursos de canal 19 adyacentes a canales de banda

estrecha no activos 15. En segundo lugar, como los terminales de usuario 4 pueden transmitir datos LTE de forma adaptativa a diferentes niveles de potencia, a los terminales de usuario 4 que utilizan recursos de canal LTE 19 para el enlace ascendente con un gran nivel de potencia, el nodo 2 les puede asignar recursos de canal 19 alejados de los canales activos de banda estrecha 14 del sistema de comunicación GSM-R 11, por ejemplo, cercanos a los canales no activos de banda estrecha 15.

De manera similar, también se pueden controlar los niveles de potencia de enlace ascendente GSM-R. Por ejemplo, si un nodo 2 recibe datos 5 de un terminal de usuario 4 a través de un canal de banda estrecha 14 a un nivel de potencia superior a un umbral, el nodo 2 puede ordenar al terminal de usuario 4 que reduzca su nivel de potencia de transmisión para este canal de banda estrecha específico 14 para minimizar las interferencias con los recursos de canal 19 en las separaciones o espaciados 16.

La invención, por lo tanto, no se restringe a las formas de realización específicas descritas en detalle en el presente documento, sino que abarca todas las variantes, combinaciones y modificaciones de las mismas que caen dentro del marco de las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para operar un primer y un segundo sistema de comunicación, que tienen una primera y una segunda banda de frecuencia predeterminada (13, 17), respectivamente, para uso en la comunicación entre un terminal de usuario (4) y un nodo (2) de una red celular (1),
 5 en el que el primer sistema de comunicación (11) tiene al menos dos canales de banda estrecha (14, 15), que se distribuyen con un espaciado o separación entre sí (16) en la primera banda de frecuencia (13),
 en el que el segundo sistema de comunicación (12) tiene un conjunto (18) de recursos de canal (19), que se distribuyen de forma contigua en la segunda banda de frecuencia (17),
 10 en el que la primera y la segunda banda de frecuencia (13, 17) se superponen,
 en el que la comunicación a través del segundo sistema de comunicación (12) se realiza solo en aquellos recursos de canal (19) que no se superponen con los canales de banda estrecha (14, 15) del primer sistema de comunicación (11), y
 en el que el primer sistema de comunicación (11) es operado según el estándar GSM-R, mientras que el segundo sistema de comunicación (12) es operado según el estándar LTE,
 15 **caracterizado porque** se utiliza un canal de control de enlace descendente físico mejorado, EPDCCH, y símbolos de referencia de demodulación, DM-RS, en lugar del canal de control de enlace descendente físico, PDCCH, y símbolos de referencia regulares, RS, del sistema LTE,
 en el que la superposición de las bandas de frecuencia (13, 17) se selecciona de tal manera que se minimiza el número de recursos de canal (19) del segundo sistema de comunicación (12) que se superponen con los canales de banda estrecha (14, 15) del primer sistema de comunicación (11), seleccionando de forma apropiada la primera o preferiblemente la segunda banda de frecuencia predeterminada (13, 17) en frecuencia.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** el ancho de banda (BW_1) de la primera banda de frecuencia (13) es de 4 MHz y el ancho de banda (BW_2) de la segunda banda de frecuencia (17) es de 5 MHz, en el que la primera banda de frecuencia (13) se encuentra dentro de la segunda banda de frecuencia (17).
3. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 2, **caracterizado porque** uno de los recursos de canal (19) del segundo sistema de comunicación (12) que no se superpone con los canales de banda estrecha (14, 15) del primer sistema de comunicación (11) está configurado en un modo NB-LTE.
4. Procedimiento según la reivindicación 3, **caracterizado porque** una lista de los recursos de canal (19) que se superponen o no se superponen con los canales de banda estrecha (14, 15) del primer sistema de comunicación (11) es puesta a disposición del terminal de usuario (4) para construir un subconjunto de recursos de canal disponibles (19).
5. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado porque** los recursos de canal (19) del segundo sistema de comunicación (12) que no se superponen con los canales de banda estrecha (14, 15) del primer sistema de comunicación (11) son reconfigurados como un sistema LTE con recursos de canal contiguos virtualmente (19).
6. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado porque** el nodo minimiza el número de concesiones de asignación de enlace ascendente en recursos de canal (19) adyacentes a canales activos de banda estrecha (14) del primer sistema de comunicación (11).
7. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado porque** a los terminales de usuario (4) que usan recursos de canal (19) para enlace ascendente con un gran nivel de potencia, el nodo (2) les asigna recursos de canal (19) alejados de los canales activos de banda estrecha (14) del primer sistema de comunicación (11).
8. Nodo de una red celular para la comunicación con un terminal de usuario (4) por medio de un primer y un segundo sistema de comunicación (11, 12), que tienen una primera y una segunda banda de frecuencia predeterminada (13, 17), respectivamente,
 en el que el primer sistema de comunicación (11) tiene al menos dos canales de banda estrecha (14, 15), que se distribuyen con un espaciado o separación entre sí (16) en la primera banda de frecuencia (13),
 55 en el que el segundo sistema de comunicación (12) tiene un conjunto (18) de recursos de canal (19), que se distribuyen de forma contigua en la segunda banda de frecuencia (17),
 en el que la primera y la segunda banda de frecuencia (13, 17) se superponen,
 en el que el nodo (2) está configurado para la comunicación a través del segundo sistema de comunicación (12) solo en aquellos recursos de canal (19) que no se superponen con los canales de banda estrecha (14, 15) del primer sistema de comunicación (11), y
 60 en el que el primer sistema de comunicación (11) es operado según el estándar GSM-R, mientras que el segundo sistema de comunicación (12) es operado según el estándar LTE,

caracterizado porque el nodo está configurado para utilizar un canal de control de enlace descendente físico mejorado, EPDCCH, y símbolos de referencia de demodulación, DM-RS, en lugar del canal de control de enlace descendente físico, PDCCH, y símbolos de referencia regulares, RS, del sistema LTE,

5 en el que la superposición de las bandas de frecuencia (13, 17) es tal que se minimiza el número de recursos de canal (19) del segundo sistema de comunicación (12) que se superponen con los canales de banda estrecha (14, 15) del primer sistema de comunicación (11), seleccionando de forma apropiada la primera o preferiblemente la segunda banda de frecuencia predeterminada (13, 17) en frecuencia.

9. Nodo según la reivindicación 8, **caracterizado porque** el ancho de banda (BW_1) de la primera banda de frecuencia (13) es de 4 MHz y el ancho de banda (BW_2) de la segunda banda de frecuencia (17) es de 5 MHz, en el
10 que la primera banda de frecuencia (13) se encuentra dentro de la segunda banda de frecuencia (17).

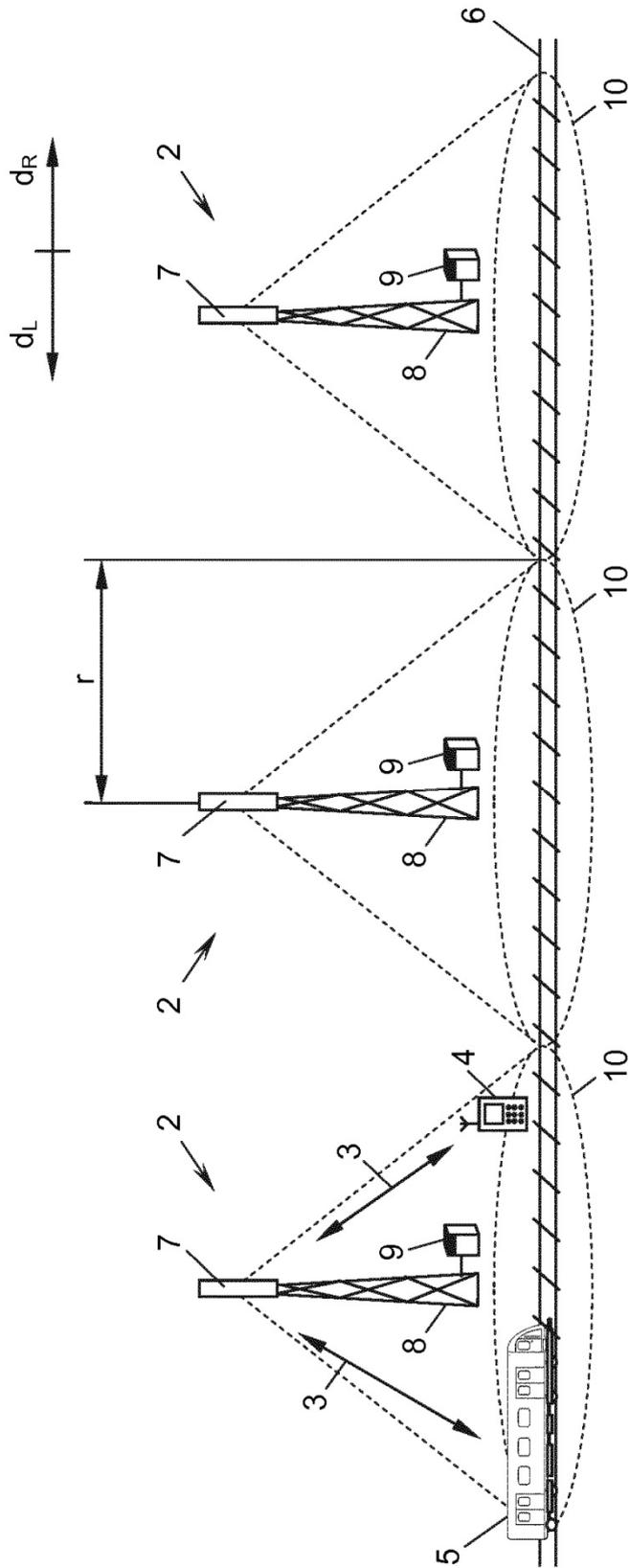


Fig. 1

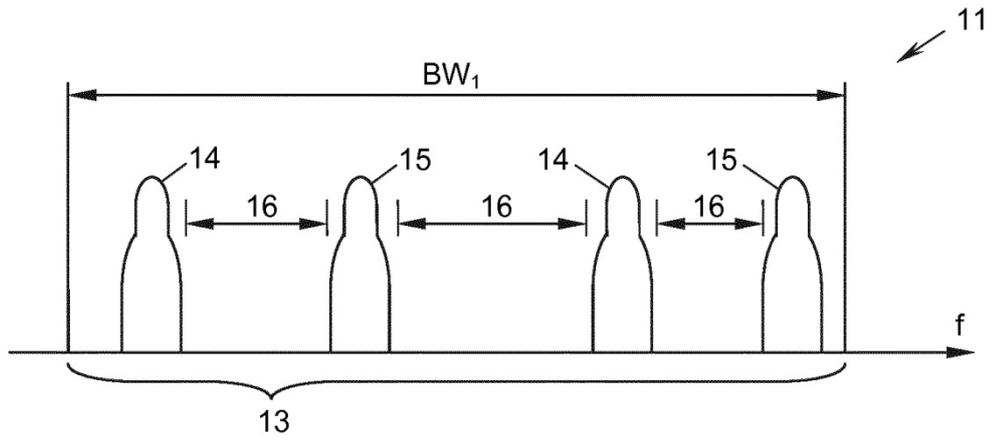


Fig. 2

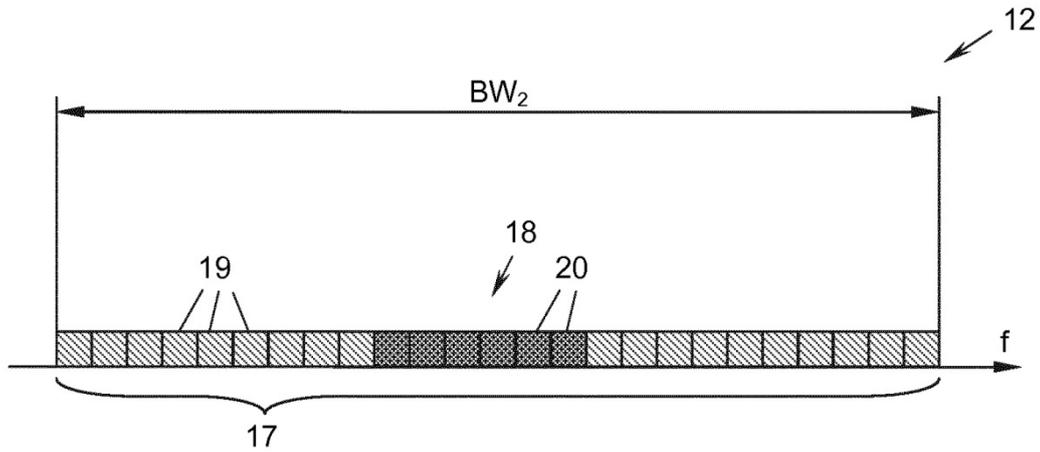


Fig. 3

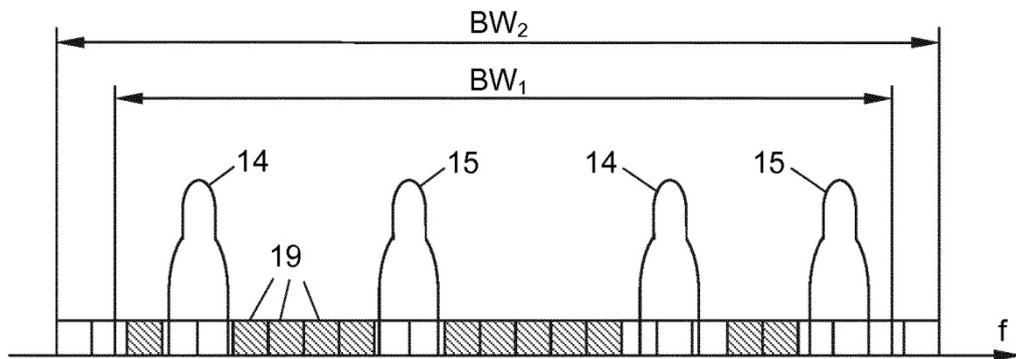


Fig. 4

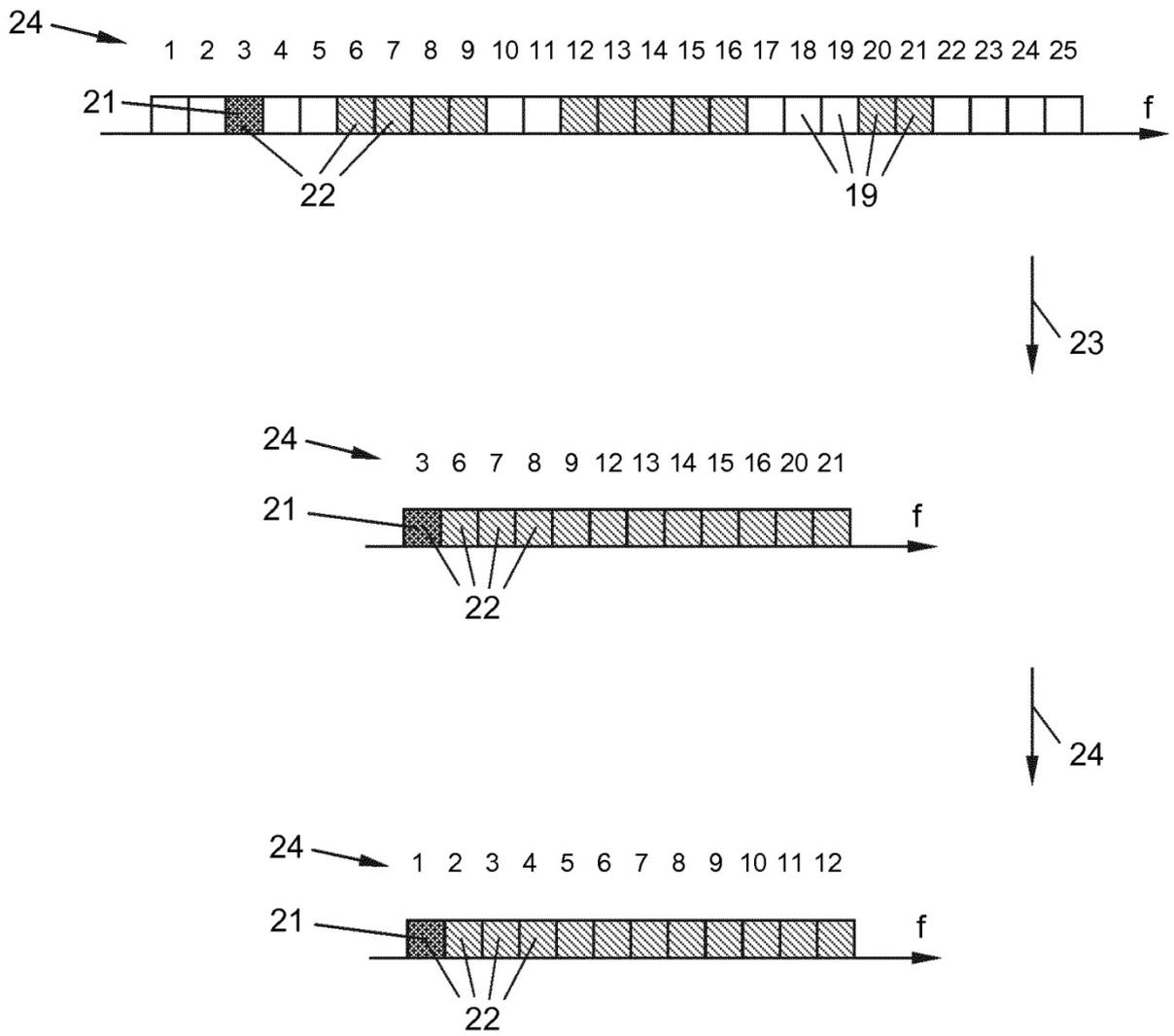


Fig. 5