

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 776 804**

51 Int. Cl.:

**H04B 1/74** (2006.01)

**H04L 1/22** (2006.01)

**H04W 24/04** (2009.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.08.2017 E 17184649 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.12.2019 EP 3439188**

54 Título: **Procedimiento y sistema para comunicación redundante entre un terminal de usuario y una estación central**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**03.08.2020**

73 Titular/es:  
**KAPSCH CARRIERCOM FRANCE S.A.S. (100.0%)**  
**1 Rue Jean-Pierre Timbaud, Site Immontigny CS**  
**80737 78180, Montigny le Bretonneux**  
**78066 St Quentin Yvelines Cedex, FR**

72 Inventor/es:  
**GRUET, CHRISTOPHE;**  
**JACQUES, ROGER;**  
**TANE, PIERRE y**  
**BOTÉT, GIL**

74 Agente/Representante:  
**CONTRERAS PÉREZ, Yahel**

**ES 2 776 804 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 sistema para comunicación redundante entre un terminal de usuario y una estación central

5 La invención se refiere a un procedimiento para una comunicación redundante entre un terminal de usuario y una estación central, utilizando el procedimiento un primer y un segundo sistemas de comunicaciones, cada uno de los cuales comprende un transceptor del terminal de usuario que se comunica con un nodo conectado a la estación central, estando los dos transceptores separados entre sí y estando los dos nodos separados entre sí, en el que ambos sistemas de comunicaciones son operados de acuerdo con un  
10 estándar LTE, de modo que cada sistema de comunicaciones comunica datos de enlace de bajada a través de una secuencia de tramas de radio de enlace de bajada y datos de enlace de subida a través de una secuencia de tramas de radio de enlace de subida, comprendiendo cada una de las tramas de radio tanto de enlace de bajada como de enlace de subida un número predeterminado de subtramas. La invención se refiere además a un sistema para una comunicación redundante entre un terminal de usuario y una estación  
15 central.

La técnica anterior US2006/0218298 proporciona una divulgación de nodos móviles que soportan enlaces OFDM simultáneos con múltiples puntos de conexión a la red.

20 El estándar LTE se utiliza, entre otras cosas, en comunicaciones basadas en el ferrocarril, en el que unos datos de tráfico, por ejemplo, unos mensajes relativos a la correcta operación de un tren y unos mensajes de señalización sobre el estado del tren, la vía y el entorno, se comunican a y procedentes de los trenes de forma inalámbrica, lo que también se conoce como un control de trenes basado en comunicaciones (CBTC: communications-based train control). Dado que esos mensajes son críticos para la operación del sistema ferroviario y, por lo tanto, sirven para prevenir accidentes tales como colisiones, el sistema de comunicaciones es operado de manera redundante, lo que significa que el hardware existe dos veces en el  
25 tren, así como en la infraestructura de la red, y todas las comunicaciones entre un terminal de usuario en el tren y una estación central se realizan dos veces. Por ejemplo, el terminal de usuario en el tren puede estar equipado con dos transceptores, cada uno de los cuales se comunica con un nodo diferente de una red inalámbrica, y cada nodo se comunica a su vez con la estación central.

Para estas dos comunicaciones inalámbricas independientes entre transceptores y nodos, en el estado de la técnica se asignan diferentes bandas de frecuencia para cada sistema de comunicaciones. Si se avería uno de los dos sistemas de comunicaciones, el tren puede confiar aún en el otro sistema de comunicaciones  
35 para comunicar datos críticos para la seguridad. Sin embargo, en el caso de avería de uno de los dos sistemas de comunicaciones, no hay más margen de error, ya que los mensajes críticos para la seguridad sólo se comunican una vez.

Por lo tanto, es un objeto de la invención proporcionar un procedimiento y un sistema mejorados para una comunicación redundante del tipo que se ha mencionado en la introducción, en el que el procedimiento proporciona una mejor funcionalidad en el caso de avería de uno de los sistemas de comunicaciones.

En un primer aspecto de la invención, este objetivo se consigue por medio de un procedimiento de comunicación redundante, en el que los sistemas de comunicaciones están sincronizados a nivel de subtrama, ambos utilizan unos rangos de frecuencias idénticos para las tramas de radio de enlace de bajada, respectivamente, y ambos utilizan unos rangos de frecuencias idénticos para las tramas de radio de enlace de subida, respectivamente, en el que la primera subtrama de la primera mitad de una de las tramas de radio de enlace de bajada del primer sistema de comunicaciones coincide con la primera subtrama de la segunda mitad de una de las tramas de radio de enlace de bajada del segundo sistema de comunicaciones, en el que, para las tramas de radio de enlace de bajada y las tramas de radio de enlace de subida, respectivamente, el primer sistema de comunicaciones utiliza un primer conjunto de subtramas para la comunicación de datos de tráfico y el segundo sistema de comunicaciones utiliza un segundo conjunto de subtramas para la comunicación de datos de tráfico, en el que el primer y el segundo conjunto de subtramas no se superponen durante la comunicación, y en el que, en el caso de un fallo de uno de los sistemas de comunicaciones, el respectivo otro sistema de comunicaciones utiliza también el conjunto de subtramas no utilizadas anteriormente por dicho otro sistema de comunicaciones para la comunicación de datos de tráfico.

En lugar de utilizar rangos de frecuencias diferentes, en los que los dos sistemas de comunicaciones se comunicaban anteriormente de forma completamente independiente entre sí, en la invención, ambos sistemas de comunicaciones utilizan la misma banda de frecuencias, que tiene por ejemplo el doble de ancho de banda en comparación con las bandas de frecuencias individuales del estado de la técnica. Aunque en principio tienen el doble de ancho de banda disponible para la comunicación, tienen que compartir aproximadamente la mitad del ancho de banda con el respectivo otro sistema de comunicaciones.

65 En el estándar LTE, por ejemplo, un canal de transmisión físico, PBCH (physical broadcast channel), es transmitido por cada nodo a través de la primera subtrama de cada trama de radio de enlace de bajada.

Los canales de transmisión físicos de ambos sistemas de comunicaciones nunca deben colisionar. Esto significa que no se pueden simplemente superponer los dos sistemas de comunicaciones en un solo rango de frecuencias sin tomar medidas adicionales. Además, en el estándar LTE, las señales de sincronización primarias, PSS (primary synchronisation signals), y las señales de sincronización secundarias, SSS (secondary synchronisation signals), se transmiten en la primera subtrama de la primera mitad de cada trama de radio de enlace de bajada, así como en la primera subtrama de la segunda mitad de cada trama de radio de enlace de bajada. Los inventores descubrieron que, si bien una colisión de las señales de sincronización podría dar lugar a una mala relación señal/ruido, las señales de sincronización todavía pueden ser identificadas por el terminal de usuario.

Por lo tanto, se puede conseguir un sistema de estándar LTE superpuesto según la invención sincronizando dos sistemas de comunicaciones a nivel de subtrama e iniciando tramas de radio de enlace de bajada de uno de los dos sistemas de comunicaciones cuando una trama de radio de enlace de bajada del otro sistema de comunicaciones ha progresado hasta la mitad en el tiempo. De esta manera, dos sistemas de comunicaciones se pueden comunicar en una sola banda de frecuencias sin interferir entre sí debido a una elección adecuada de retrasar una de las tramas de radio de enlace de bajada y, por lo tanto, la emisión del primer canal de emisión físico, PBCH (physical broadcast channel), en mitad de una trama de radio.

Durante la operación normal, ambos sistemas de comunicaciones comunican los mismos datos en la misma banda de frecuencia y por lo tanto se puede conseguir aproximadamente el mismo rendimiento que en el estado de la técnica. De hecho, con la configuración de la invención, se puede conseguir un rendimiento ligeramente superior debido a la superposición de señales de sincronización primarias y secundarias. Además, en el caso de un fallo de uno de los sistemas de comunicaciones, el sistema de comunicaciones que queda en funcionamiento tiene inmediatamente el doble de capacidad de comunicación disponible debido a los recursos de canal que se han liberado. En otras palabras, dado que el respectivo otro sistema de comunicaciones ya no utiliza más su conjunto de subtramas asignado, las subtramas no utilizadas pueden ser reutilizadas directamente sin ajustar el ancho de banda y otros parámetros de comunicación del sistema de comunicaciones restante.

Preferiblemente, en caso de un fallo de uno de los sistemas de comunicaciones, el transceptor de dicho sistema de comunicaciones que está fallando se une al sistema de comunicaciones que está operativo y comunica datos de tráfico con el nodo del sistema de comunicaciones que está operativo. De este modo, el transceptor del sistema de comunicaciones que está fallando decide o selecciona participar en el otro sistema de comunicaciones una vez que se ha detectado que ya no es posible una comunicación a través de su sistema de comunicaciones inicial, y el nodo del sistema de comunicaciones que está operativo proporciona servicio entonces a dos transceptores. Por lo tanto, se comunican datos de tráfico entre el transceptor del sistema de comunicaciones que está operativo y el nodo del sistema de comunicaciones que está operativo, así como entre el transceptor del sistema de comunicaciones que está fallando y el nodo del sistema de comunicaciones que está operativo. Esto tiene la ventaja de que se puede conseguir de nuevo una redundancia incluso en el caso de un fallo de uno de los nodos o de interferencia de las comunicaciones de uno de los sistemas de comunicaciones.

Alternativamente, uno de los sistemas de comunicaciones transmite, en caso de un fallo del respectivo otro sistema de comunicaciones, los datos de tráfico dos veces, una a través de su conjunto de subtramas asignadas inicialmente y otra a través del conjunto de subtramas utilizadas previamente por dicho otro sistema de comunicaciones. De esta manera, se puede alcanzar todavía una redundancia en la transmisión inalámbrica de los datos, incluso en el caso de que el hardware del otro sistema de comunicaciones esté funcionando mal. Alternativamente, se podrían transferir diferentes datos a través del conjunto de subtramas nuevamente disponible, por ejemplo, datos relativos al mal funcionamiento o la avería del respectivo otro sistema de comunicaciones.

El envío de señales de sincronización primarias y secundarias PSS / SSS de forma superpuesta causa una relación señal/ruido de en torno a 0 dB para los terminales de usuario que intentan detectar estos sistemas del estándar LTE a través de las señales de sincronización. En las señales de sincronización es codificado el identificador físico de celda, PCI (physical cell identifier), a partir del cual se puede determinar la ubicación de las señales de referencia específicas de celda, RS (reference signals). Es preferible que las señales de referencia de los dos sistemas de comunicaciones no se superpongan. Para conseguir esto, se eligen los respectivos identificadores físicos de celda para obtener un mapeo no superpuesto de las señales de referencia. Incidentalmente, esto también conduce a unos canales de indicador de formato de control físicos no superpuestos, PCFICH (non-overlapping physical control format indicator channels), así como para el canal de indicador ARQ híbrido físico, PHICH (physical hybrid ARQ indicator channel). De este modo, preferiblemente, ambos sistemas de comunicaciones tienen su propio identificador físico de celda, que es codificado en señales de sincronización transmitidas a través de la primera subtrama de la primera mitad y a través de la primera subtrama de la segunda mitad de cada trama de radio de enlace de bajada, y en el que la relación entre los identificadores físicos de celda es  $(PCI_1 - PCI_2) \bmod 6 \neq 0$ , en el que  $PCI_1$  y  $PCI_2$  son los identificadores físicos de celda del primer y del segundo sistema de comunicaciones, respectivamente, y mod es la operación de módulo.

- 5 Preferiblemente, se utilizan sistemas según el estándar LTE y las temporizaciones de las tramas de radio de enlace de bajada y de subida están alineadas entre sí, es decir, también la primera subtrama de la primera mitad de una de las tramas de radio de enlace de subida del primer sistema de comunicaciones coincide con la primera subtrama de la segunda mitad de una de las tramas de radio de enlace de subida del segundo sistema de comunicaciones, en el que las tramas de radio de enlace de subida y de enlace de bajada comprenden diez subtramas, de manera que la primera subtrama del primer sistema de comunicaciones coincide con la sexta subtrama del segundo sistema de comunicaciones.
- 10 En una forma de realización preferida, ambos sistemas de comunicaciones utilizan sus respectivas segunda, tercera y cuarta subtramas de enlace de subida y de bajada para comunicar datos de tráfico cuando ambos sistemas de comunicaciones están en funcionamiento, mientras que un sistema de comunicaciones utiliza la segunda, tercera, cuarta, séptima, octava y novena subtramas de enlace de subida y de bajada para comunicar datos de tráfico en el caso de un fallo del respectivo otro sistema de comunicaciones. Alternativamente, los dos sistemas de comunicaciones podrían utilizar subtramas alternas, por ejemplo, la segunda, cuarta y octava subtrama o cualquier otra distribución de subtramas. Además, los sistemas de comunicaciones podrían, por ejemplo, utilizar una distribución desigual de subtramas, por ejemplo, el primer sistema de comunicaciones podría utilizar dos subtramas para la comunicación de datos de tráfico y el otro sistema de comunicaciones podría utilizar cuatro subtramas para la comunicación de datos de tráfico. En esta configuración, la redundancia sólo se podría conseguir en dos de las subtramas. Para la comunicación de datos de tráfico, también es posible utilizar recursos de canal adicionales de subtramas que se utilizan parcialmente para canales de control, tal como el primer, cuarto, quinto y décimo canales de comunicación.
- 15
- 20
- 25 Para conseguir una buena relación señal-ruido, no se deberían superponer canales de control del estándar LTE adicionales de los dos sistemas de comunicaciones. De ahí que ambos sistemas de comunicaciones planifiquen preferiblemente, para las tramas de radio de enlace de bajada, unos bloques de información del sistema en la sexta subtrama. Sin embargo, se tiene que entender que los bloques de información del sistema no tienen que ser transmitidos en cada trama de radio.
- 30
- 35 En función del ancho de banda usado para los dos sistemas de comunicaciones, la información de localización se transmite de manera diferente. En una forma de realización, ambos sistemas de comunicaciones planifican, para las tramas de radio de enlace de bajada, información de localización en la sexta subtrama cuando se utiliza un ancho de banda igual a 1,4 o 3,0 MHz. En otra forma de realización, ambos sistemas de comunicaciones planifican, para las tramas de radio de enlace de bajada, información de localización en la primera, quinta, sexta y décima subtrama o sólo en la décima subtrama, eligiendo también de forma adecuada unos parámetros de localización de enlace de bajada, cuando se utiliza un ancho de banda igual a 5,0, 10,0, 15,0 o 20 MHz.
- 40
- 45 Para las tramas de radio de enlace de subida, las reglas establecidas para la transmisión no superpuesta de datos de tráfico ya conduce a canales físicos de sincronización de enlace de subida no superpuestos, PUSCH (non-overlapping physical uplink synchronisation channels). Además, según la mayoría de los estándares LTE, el canal de acceso aleatorio físico, PRACH (physical random access channel), se encuentra en la primera, quinta, sexta y décima subtrama de las tramas de radio de enlace de subida. Sin embargo, para asegurar que los canales PRACH de los dos canales de comunicación no se superpongan y sólo se desvíen de la configuración estándar en la menor medida posible, es preferible que los canales PRACH estén ubicados sólo en las subtramas quinta y sexta.
- 50
- 55 Según un segundo aspecto, la presente invención crea un sistema para una comunicación redundante entre un terminal de usuario y una estación central, que comprende un primer sistema de comunicaciones que tiene un primer transceptor del terminal de usuario y un primer nodo, un segundo sistema de comunicaciones que tiene un segundo transceptor del terminal de usuario y un segundo nodo, estando el primer y el segundo transceptores separados entre sí y estando el primer y el segundo nodos separados entre sí, en el que ambos sistemas de comunicaciones están configurados para operar de acuerdo con un estándar LTE, de modo que cada sistema de comunicaciones comunica datos de enlace de subida a través de una secuencia de tramas de radio de enlace de subida y datos de enlace de bajada a través de una secuencia de tramas de radio de enlace de bajada, comprendiendo cada una de las tramas de radio tanto de enlace de subida como de enlace de bajada un número predeterminado de subtramas, en el que los sistemas de comunicaciones están configurados para sincronizarse a nivel de subtrama, en el que ambos están configurados para utilizar rangos de frecuencias idénticos para las tramas de radio de enlace de subida, respectivamente, y en el que ambos están configurados para utilizar rangos de frecuencias idénticos para las tramas de radio de enlace de bajada, respectivamente, en el que ambos sistemas de comunicaciones están configurados para que la primera subtrama de la primera mitad de una de las tramas de radio de enlace de bajada del primer sistema de comunicaciones coincida con la primera subtrama de la segunda mitad de una de las tramas de radio de enlace de bajada del segundo sistema de comunicaciones, en el que, para ambas tramas de radio de enlace de subida y tramas de radio de enlace de bajada, respectivamente, el primer sistema de comunicaciones está configurado para utilizar un primer
- 60
- 65

conjunto de subtramas para la comunicación de datos de tráfico y el segundo sistema de comunicaciones está configurado para utilizar un segundo conjunto de subtramas para la comunicación de datos de tráfico, en el que el primer y el segundo conjuntos de subtramas no se superponen durante la comunicación, y en el que el primer y el segundo sistema de comunicaciones están configurados para, en el caso de un fallo del respectivo otro sistema de comunicaciones, utilizar también el conjunto de subtramas utilizado anteriormente por dicho otro sistema de comunicaciones para la comunicación de datos de tráfico.

En relación con las ventajas y otras formas de realización particulares del sistema, consúltense las consideraciones anteriores sobre el procedimiento de la invención.

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

La Figura 1 muestra unos componentes de un sistema de comunicaciones ferroviarias redundantes en una visión general esquemática;

Las Figuras 2a y 2b muestran dos tramas de radio de enlace de bajada (Figura 2a) y dos tramas de radio de enlace de subida (Figura 2b) de un sistema de comunicaciones redundantes según el estado de la técnica en un diagrama de frecuencia y tiempo; y

La Figura 3 muestra dos tramas de radio de un sistema de comunicaciones redundantes según la invención en un diagrama de frecuencia y tiempo.

La figura 1 muestra un tren 1 que se está moviendo a lo largo de una vía 2. El tren 1 recibe datos de tráfico, por ejemplo, mensajes relativos al correcto funcionamiento del tren 1, procedentes de una estación central 3 y comunica asimismo datos de tráfico, por ejemplo, mensajes de señalización relativos al estado del tren 1, la vía 2 y el entorno, a la estación central 3 por medio de un terminal de usuario 4 transportado por el tren 1. Esta configuración se suele denominar control de tren basado en comunicaciones (CBTC: communications-based train control), es decir, un sistema de señalización ferroviaria que utiliza las telecomunicaciones entre el tren y el equipo de vía para la gestión del tráfico y el control de la infraestructura.

Para conseguir una comunicación segura entre el terminal de usuario 4 y la estación central 3, se configura un sistema 5 para una comunicación redundante, lo que significa que se utilizan en paralelo un primer y un segundo sistemas de comunicaciones 6, 7. El primer sistema de comunicaciones 6 tiene un primer transceptor 8 del terminal de usuario 4 y un primer nodo 9, que forma parte de una red celular y está conectado a la estación central 3. Se puede establecer una primera comunicación inalámbrica  $C_1$  entre el primer transceptor 8 y el primer nodo 9. El segundo sistema de comunicaciones 7 tiene un segundo transceptor 10 del terminal de usuario 4 y un segundo nodo 11, que puede ser un nodo de la misma red celular que hospeda el primer nodo 9 o parte de una red celular diferente y está conectado a la estación central 3. También para el segundo sistema de comunicaciones 7, se puede establecer una segunda comunicación inalámbrica  $C_2$  entre el segundo transceptor 10 y el segundo nodo 11.

El primer y el segundo transceptores 8, 10 están separados entre sí pero forman parte del mismo terminal de usuario 4. De manera similar, el primer y el segundo nodos 9, 11 están separados entre sí pero pueden estar instalados en o sobre el mismo pilón y/o compartir otras características de hardware, tales como antenas.

El sistema 5 puede tener opcionalmente componentes redundantes adicionales, tales como pasarelas seguras del terminal de usuario 4 y/o del nodo 9, 11, una red IP de a bordo redundante del terminal de usuario 4 y una red basada en IP redundante en el lado de la vía de los nodos 9, 11 o la estación central 3. Sin embargo, estas medidas son conocidas por el experto y no se examinan con más detalle en el presente documento.

Tanto la estación central 3 como el terminal de usuario 4 comprenden cada uno una o más aplicaciones que generan los datos a transmitir, los denominados datos de tráfico, a aplicaciones de la respectiva otra entidad. El terminal de usuario 4 podría, por ejemplo, tener una sola aplicación que transmite los datos de tráfico una vez a través del primer transceptor 8 y una vez a través del segundo transceptor 10. Alternativamente, podría haber dos aplicaciones que funcionan independientemente y que determinan los datos de tráfico de manera redundante, y una de esas aplicaciones podría transmitir los datos de tráfico al primer transceptor 8 y la otra aplicación podría transmitir los datos de tráfico al segundo transceptor 10. El mismo uso de una aplicación de transmisión de datos de tráfico tanto al primer como al segundo nodo 9, 11 o dos aplicaciones que cada una transmite datos de tráfico sólo al primer o al segundo nodo 9, 11 se podría utilizar también dentro de la estación central 3.

Dado que los dos sistemas de comunicaciones 6, 7 funcionan según un estándar LTE, cada sistema de comunicaciones comunica datos de enlace de bajada a través de una secuencia de tramas de radio de enlace de bajada  $12_1$ ,  $12_2$  (Figuras 2a y 3) y datos de enlace de subida a través de una secuencia de tramas

de radio de enlace de subida  $13_1, 13_2$  (Figuras 2b y 3). Las tramas de radio tanto de enlace de subida como de enlace de bajada  $12_1, 12_2, 13_1, 13_2$  comprenden cada una un número predeterminado de subtramas SF#n, en el que  $n = 0, \dots, N$ . A continuación, sólo se describirán tramas de radio con diez ( $N = 9$ ) subtramas SF#0, ..., SF#9, pero en la práctica se puede elegir cualquier número de subtramas.

5

Según la mayoría de los estándares LTE, una trama de radio tiene una longitud igual a 10 ms, de modo que una nueva trama de radio  $12_1, 12_2, 13_1, 13_2$  comienza cada 10 ms. De ello se desprende que para tramas de radio  $12_1, 12_2, 13_1, 13_2$  que tienen diez subtramas, cada subtrama tiene una longitud igual a 1 ms. En este documento, sólo se considera la duplexación por división de frecuencia (FDD: Frequency Division Duplexing) del estándar LTE, lo que significa que las tramas de radio de enlace de bajada y de enlace de subida, respectivamente, ocupan unos rangos de frecuencias diferentes, según se comentará más adelante.

10

Los ejemplos de las Figuras 2a y 2b que ilustran las configuraciones de tramas de radio en frecuencia  $f$  y tiempo  $t$  según el estado de la técnica se comentarán ahora junto con la visión general del sistema de la Figura 1.

15

La Figura 2a muestra una trama de radio de enlace de bajada  $12_1$  del primer sistema de comunicaciones 6 y una trama de radio de enlace de bajada  $12_2$  del segundo sistema de comunicaciones 7. La primera trama de radio de enlace de bajada  $12_1$  ocupa un cierto rango de frecuencias  $f_{1,d}$  y la segunda trama de radio de enlace de bajada  $12_2$  ocupa un rango de frecuencias diferente  $f_{2,d}$ . Los rangos de frecuencias  $f_{1,d}, f_{2,d}$  se muestran como que son adyacentes directamente pero en general pueden tener un cierto espacio de separación entre ellos. Las dos tramas de radio de enlace de bajada  $12_1, 12_2$  no están sincronizadas de manera que sus subtramas SF#n no están alineadas. Se puede ver que las dos tramas de radio de enlace de bajada  $12_1, 12_2$  son operadas de manera completamente independiente entre sí y no interactúan.

20

25

La Figura 2b muestra una trama de radio de enlace de subida  $13_1$  del primer sistema de comunicaciones 6 y una trama de radio de enlace de subida  $13_2$  del segundo sistema de comunicaciones 7. La primera trama de radio de enlace de subida  $13_1$  ocupa un cierto rango de frecuencias  $f_{1,u}$  y la segunda trama de radio de enlace de subida  $13_2$  ocupa un rango de frecuencias diferente  $f_{2,u}$ . Al igual que en la comunicación de enlace de bajada, los rangos de frecuencias  $f_{1,u}, f_{2,u}$  pueden ser adyacentes directamente o pueden tener un cierto espacio de separación entre ellos y las dos tramas de radio de enlace de subida  $13_1, 13_2$  no están sincronizadas de manera que sus subtramas SF#n no están alineadas. En este casos, las dos tramas de radio de enlace de subida  $13_1, 13_2$  también son operadas de forma completamente independiente entre sí y no interactúan.

30

35

La Figura 3 ilustra, en la frecuencia  $f$  y en el tiempo  $t$ , una forma de realización diferente del sistema de la Figura 1 según la presente invención, en el que dos tramas de radio de enlace de bajada  $12_1, 12_2$  ocupan un rango de frecuencias  $f_{i,d}$  idéntico. Para simplificar, las dos tramas de radio de enlace de bajada  $12_1, 12_2$  se muestran una al lado de la otra, pero las flechas 14 indican que de hecho están superpuestas en un rango de frecuencias  $f_{i,d}$  idéntico, en el que, por ejemplo, ambas van desde 791 MHz hasta 821 MHz. Análogamente, las tramas de radio de enlace de subida  $13_1, 13_2$  (no mostradas) de esta forma de realización se superponen en un rango de frecuencias  $f_{i,u}$  idéntico, por ejemplo en un rango de frecuencias que va desde 832 MHz hasta 862 MHz.

40

45

Además, cada una de las tramas de radio de enlace de bajada y de subida  $12_1, 12_2, 13_1, 13_2$  de ambos sistemas de comunicaciones 6, 7 en esta forma de realización está sincronizada a nivel de subtrama de tal manera que el inicio de una subtrama del primer sistema de comunicaciones 6 coincide con el inicio de una subtrama del segundo sistema de comunicaciones 7. En general, la sincronización de las tramas de radio de enlace de bajada  $12_1, 12_2$  puede ser independiente con respecto a las tramas de radio de enlace de subida  $13_1, 13_2$ , es decir, la temporización de las tramas de radio de enlace de bajada  $12_1, 12_2$  es independiente con respecto a la temporización de las tramas de radio de enlace de subida  $13_1, 13_2$ . Sin embargo, también podría haber una sincronización entre las tramas de radio de enlace de bajada y de subida  $12_1, 12_2, 13_1, 13_2$ .

50

55

Para conseguir la sincronización entre los nodos 9, 11, se pueden sincronizar de forma absoluta o relativa. Para la sincronización absoluta, los nodos 9, 11 pueden estar ambos equipados con un reloj absoluto, por ejemplo, proporcionado por un GPS o estándares IEEE 1588. Para una sincronización relativa, tiene que haber una conexión directa o indirecta entre los nodos 9, 11, en cuyo caso uno de los nodos 9, 11 puede actuar como un reloj maestro y el otro nodo 9, 11 como un reloj esclavo. Alternativamente, una tercera parte tal como la estación central 3 puede actuar como un reloj maestro y puede estar conectada a los nodos 9, 11, que actúan entonces como relojes esclavos.

60

En general, cuando un transceptor 8, 10 se quiere sincronizar inicialmente con un sistema según el estándar LTE, intenta detectar señales de sincronización primarias, PSS (primary synchronisation signals), sin conocer a priori el canal. Las señales PSS (así como las señales de sincronización secundarias, SSS: secondary synchronisation signals, véase más abajo) son transmitidas por el respectivo nodo 9, 11 dos

65

veces por cada trama de radio de enlace de bajada  $12_1$ ,  $12_2$ , una vez en la primera subtrama SF#0 de la primera mitad de la trama de radio de enlace de bajada  $12_1$ ,  $12_2$  y una vez en la primera subtrama SF#5 (en general SF#(N+1)/2) de la segunda mitad de cada trama de radio de enlace de bajada  $12_1$ ,  $12_2$ . Dado que las señales PSS se basan en secuencias Zadoff-Chu predeterminadas, sólo hay tres secuencias posibles a detectar para un transceptor 8, 10. Una vez se han detectado las señales PSS, el transceptor 8, 10 puede determinar las señales de sincronización secundarias, SSS, para calcular a partir de las mismas la temporización de las tramas de radio y la identidad de la celda, es decir, el identificador físico de celda PCI<sub>1</sub>, PCI<sub>2</sub> que se encuentra codificado en las señales de sincronización PSS, SSS. El procedimiento para determinar las señales de sincronización PSS y SSS es muy robusto, de manera que los transceptores 8, 10 se pueden sincronizar con la trama de radio de enlace de bajada  $12_1$ ,  $12_2$  incluso con una relación señal/ruido muy baja.

Con la configuración de la Figura 3, se ha conseguido una estructura de tramas superpuestas en la que sólo las señales de sincronización PSS y SSS son transmitidas de forma simultánea por los dos nodos 9, 11. Según se ha explicado anteriormente, esto no plantea un problema para los transceptores 8, 10 que tratan de detectar la estructura de tramas de radio del respectivo sistema de comunicaciones 6, 7. Sin embargo, según se ha mencionado brevemente más arriba, las señales de sincronización PSS y SSS también dan lugar al identificador físico de celda PCI<sub>1</sub>, PCI<sub>2</sub> del respectivo sistema de comunicaciones. En función del módulo del identificador físico de celda PCI<sub>1</sub>, PCI<sub>2</sub>, se distribuyen las señales de referencia, RS, en la trama de radio de enlace de bajada  $12_1$ ,  $12_2$ . Para conseguir señales de referencia no superpuestas, se selecciona una relación entre los identificadores físicos de celda que corresponde a  $(PCI_1 - PCI_2) \bmod 6 \neq 0$ .

Después de que un transceptor 8, 10 haya detectado las señales de sincronización PSS y SSS, puede recibir más datos de enlace de bajada como transmitidos por el nodo 9, 10. En primer lugar, el transceptor 8, 10 intenta recuperar información de sistema procedente del canal de transmisión físico, PBCH (physical broadcast channel), que es transmitida en la primera subtrama SF#0 de cada trama de radio de enlace de bajada  $12_1$ ,  $12_2$ . A diferencia de las señales de sincronización PSS y SSS, los canales PBCH de los dos sistemas de comunicaciones 6, 7 no se deberían superponer. Esto se consigue en la configuración de la Figura 3 en la que la primera subtrama SF#0 de la primera mitad de una de las tramas de radio de enlace de bajada  $12_1$  del primer sistema de comunicaciones 6 coincide con la primera subtrama SF#5 de la segunda mitad de una de las tramas de radio de enlace de bajada  $12_2$  del segundo sistema de comunicaciones 7 donde no hay canales PBCH. Es evidente que debido a las secuencias de tramas de radio de enlace de bajada  $12_1$ ,  $12_2$  la primera subtrama SF#0 de la primera mitad de una de las tramas de radio de enlace de bajada  $12_2$  del segundo sistema de comunicaciones 7 también coincide con la primera subtrama SF#5 de la segunda mitad de una de las tramas de radio de enlace de bajada  $12_1$  del primer sistema de comunicaciones 6.

Para comunicar datos de tráfico, el primer sistema de comunicaciones 6 utiliza un primer conjunto S<sub>1</sub> de tres subtramas SF#1, SF#2, SF#3 para la comunicación de datos de tráfico y el segundo sistema de comunicaciones 7 utiliza un segundo conjunto S<sub>2</sub> de tres subtramas SF#1, SF#2, SF#3 para la comunicación de datos de tráfico. El primer y el segundo conjuntos S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub> de subtramas SF#n no se superponen durante la comunicación debido al desplazamiento de las primeras subtramas SF#0 de las tramas de radio de enlace de bajada  $12_1$ ,  $12_2$ .

Para las tramas de radio de enlace de subida  $13_1$ ,  $13_2$ , no hay una necesidad inmediata de superponer dos subtramas específicas de los dos sistemas de comunicaciones 6, 7 porque no hay un canal PBCH fijo en la trama de radio de enlace de subida pero cada subtrama SF#n tiene su canal físico de control de enlace de subida, PUCCH (physical uplink control channel), dispuesto en sus propios lados. Sin embargo, en algunas formas de realización, las tramas de radio de enlace de subida  $13_1$ ,  $13_2$  están alineadas con las respectivas tramas de radio de enlace de bajada  $12_1$ ,  $12_2$  debido a una sincronización interna de cada sistema de comunicaciones 6, 7. Por ejemplo, en este caso, la primera subtrama SF#0 de la primera mitad de una de las tramas de radio de enlace de subida  $13_1$  del primer sistema de comunicaciones 6 coincide con la primera subtrama SF#5 de la segunda mitad de una de las tramas de radio de enlace de subida  $13_2$  del segundo sistema de comunicaciones 7.

En cualquier caso, también para las tramas de radio de enlace de subida  $13_1$ ,  $13_2$ , se eligen el primer y el segundo conjuntos S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub> de subtramas SF#n de manera que no se superpongan durante la comunicación. Por ejemplo, para el enlace de bajada, el conjunto S<sub>1</sub> puede comprender las subtramas SF#1, SF#2, SF#3 y el conjunto S<sub>2</sub> las subtramas SF#1, SF#2, SF#3; pero para el enlace de subida, el conjunto S<sub>1</sub> puede comprender las subtramas SF#6, SF#7, SF#8 y el conjunto S<sub>2</sub> las subtramas SF#6, SF#7, SF#8. Sin embargo, preferiblemente, los conjuntos S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub> se eligen para que sean idénticos a los conjuntos S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub> de las tramas de radio de enlace de bajada  $12_1$ ,  $12_2$ .

Además, los sistemas de comunicaciones 6, 7 también pueden comunicar datos de tráfico en otras subtramas fuera del primer o segundo conjunto S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>, por ejemplo en los recursos de canal de la subtrama SF#0 que no se utiliza para la comunicación de los canales de control PBCH o las señales de sincronización

PSS / SSS. Sin embargo, en algunas formas de realización, el primer sistema de comunicaciones utiliza sólo el primer conjunto  $S_1$  de subtramas para la comunicación de datos de tráfico y el segundo sistema de comunicaciones utiliza sólo el segundo conjunto  $S_2$  de subtramas para la comunicación de datos de tráfico. Esto se puede utilizar para las tramas de radio tanto de enlace de bajada como de enlace de subida 12<sub>1</sub>, 12<sub>2</sub>, 13<sub>1</sub>, 13<sub>2</sub>.

Si, mientras uno de los dos sistemas de comunicaciones 6, 7 está operativo, el otro sistema de comunicaciones 6, 7 falla, por ejemplo, a causa de un fallo de hardware de los elementos dentro del transceptor 8 o 10 o dentro del nodo 9 u 11, a causa de una interferencia en ciertos recursos de comunicación de la banda de frecuencias utilizada, o incluso a causa de fallos de aplicación fuera del alcance del sistema de comunicaciones 6, 7, el sistema de comunicaciones 6, 7 que todavía está operativo puede utilizar también el conjunto  $S_1$ ,  $S_2$  del respectivo otro sistema para la comunicación de datos de tráfico. Por ejemplo, si ambos sistemas de comunicaciones suelen utilizar sus respectivas segunda, tercera y cuarta subtramas de enlace de bajada y de subida SF#1, SF#2, SF#3 para comunicar datos de tráfico, el sistema de comunicaciones restante 6, 7 que está operativo utiliza las subtramas segunda, tercera, cuarta, séptima, octava y novena de enlace de bajada y de subida SF#1, SF#2, SF#3, SF#6, SF#7, SF#8, para comunicar datos de tráfico en el caso de que haya fallado el respectivo otro sistema de comunicaciones 6, 7.

Por ejemplo, si falla el segundo sistema de comunicaciones 7, el transceptor 10 de dicho segundo sistema de comunicaciones 7 que está fallando, si todavía está operativo, se puede unir al primer sistema de comunicaciones 6 que está operativo y entonces el nodo 9 del sistema de comunicaciones 6 que está operativo comunica datos de tráfico con el primer transceptor 8 utilizando el primer conjunto  $S_1$  de subtramas y con el segundo transceptor 10 utilizando el segundo conjunto  $S_2$  de subtramas. El segundo conjunto  $S_2$  de subtramas corresponde en este caso al conjunto de subtramas que no ha utilizado previamente el primer sistema de comunicaciones 6, por ejemplo, las subtramas SF#6, SF#7, SF#8. Sin embargo, los conjuntos  $S_1$ ,  $S_2$  de subtramas no tienen que dividirse estrictamente como en el caso operativo sino que el nodo operativo 9, cuando se utiliza el conjunto de subtramas no utilizadas previamente por dicho sistema de comunicaciones 6 que está operativo, puede distribuir las subtramas o los recursos de comunicación de las subtramas según se conoce en el estado de la técnica cuando un solo nodo está dando servicio a dos transceptores, por ejemplo, el primer transceptor 8 utiliza algunos recursos de comunicación de los dos conjuntos  $S_1$ ,  $S_2$  de las subtramas, mientras que el segundo transceptor 10 utiliza recursos de comunicación diferentes de los dos conjuntos  $S_1$ ,  $S_2$ . Lo mismo se puede aplicar a la inversa en el caso de un fallo del primer sistema de comunicaciones 6.

En estos casos, el fallo de uno de los sistemas de comunicaciones es detectado preferiblemente por el transceptor 8, 10 del sistema de comunicaciones que está fallando 6, 7 y luego selecciona comunicarse con el respectivo otro sistema de comunicaciones, es decir, se une al mismo.

Alternativamente, en el caso de un fallo de uno de los sistemas de comunicaciones 6, 7, el sistema de comunicaciones restante 6, 7 que está operativo puede transmitir los datos de tráfico dos veces, de modo que se pueda conservar la redundancia. Esto se puede hacer simplemente copiando ("multiplicando") los datos de tráfico generados por la aplicación del sistema de comunicaciones 6, 7 que está operativo para una doble transmisión a través del sistema de comunicaciones 6, 7 que está operativo. Alternativamente y en función del tipo de fallo del respectivo sistema de comunicaciones 6, 7, en lugar de simplemente copiar los datos de tráfico a transmitir, la misma aplicación que proporcionó los datos de tráfico del otro sistema de comunicaciones 6, 7 que está funcionando mal puede también transmitir los datos de tráfico al sistema de comunicaciones 6, 7 que está operativo, por ejemplo, en el caso de interferencias de la comunicación inalámbrica entre el transceptor 8, 10 y los nodos 9, 11. Además, alternativamente, una aplicación que está en espera en el terminal de usuario 4 o en la estación central 3 puede proporcionar datos de tráfico al sistema de comunicaciones 6, 7 que está operativo en lugar de la aplicación que solía proporcionar datos de tráfico al otro sistema de comunicaciones 6, 7 que está funcionando mal.

El fallo de uno de los sistemas de comunicaciones 6, 7 se puede detectar de diversas maneras. Por ejemplo, podría haber un enlace de comunicación separado entre los dos nodos 9, 11, y cada nodo podría informar continuamente de su estado al respectivo otro nodo 9, 11, por ejemplo, informar de un estado o bien ACTIVO o bien INACTIVO al otro nodo 9, 11. Una vez que un nodo 9, 11 recibe un estado INACTIVO procedente del otro nodo 9, 11, puede utilizar el conjunto  $S_1$ ,  $S_2$  de subtramas para la comunicación de datos de tráfico que ha sido utilizado previamente por el sistema de comunicaciones 6, 7 que está funcionando mal. Alternativamente, la estación central 3 podría informar de un fallo de uno de los sistemas de comunicaciones 6, 7 al nodo 9, 11 del respectivo otro sistema de comunicaciones 6, 7. Más alternativamente, los transceptores 8, 10 podrían detectar de forma autónoma si es posible o no es posible la comunicación con el respectivo nodo 9, 11.

Anteriormente se han comentado las propiedades de las señales PSS, SSS y del canal PBCH en los sistemas de comunicaciones 6, 7. Sin embargo, en el estándar LTE existen más canales de control de los



cuales los transceptores recuperan información o hacen uso de los mismos de otros modos, según se describirá más adelante.

5 Por ejemplo, los bloques de información de sistema, SIB (system information blocks), que se utilizan para recuperar configuraciones de canales comunes y compartidos, entre otros, son planificados opcionalmente sólo en la sexta subtrama SF#5 de las respectivas tramas de radio de enlace de bajada 12<sub>1</sub>, 12<sub>2</sub> y, por lo tanto, no se superponen.

10 Además, se usan mensajes de localización en el estándar LTE para despertar a los transceptores 6, 7 que están en modo inactivo o en espera. Para conseguir una configuración ortogonal, es decir, no superpuesta, en relación a los mensajes de localización, se puede elegir su ubicación para que sea diferente en función del rango de frecuencias  $f_{i,d}$  del sistema de comunicaciones 6, 7. De este modo, ambos sistemas de comunicaciones 6, 7 planifican opcionalmente, para las tramas de radio de enlace de bajada 12<sub>1</sub>, 12<sub>2</sub>, información de localización en la sexta subtrama SF#5 cuando se utiliza un ancho de banda igual a 1,4 o  
15 3,0 MHz. Alternativamente, cuando se utiliza un ancho de banda igual a 5,0, 10,0, 15,0 o 20 MHz, ambos sistemas de comunicaciones podrían planificar, para las tramas de radio de enlace de bajada 12<sub>1</sub>, 12<sub>2</sub>, información de localización en la primera, quinta, sexta y décima subtramas SF#0, SF#4, SF#5, SF#9. En este último caso, alternativamente, la información de localización se podría planificar sólo en la décima subtrama SF#9. En este último caso, sin embargo, también se tienen que elegir unos parámetros de localización de enlace de bajada apropiados que son conocidos por el experto, por ejemplo, de la TS del  
20 3GPP 36.304, V8.2.0, capítulos 7.1 y 7.2, publicada en mayo de 2008.

Para conseguir una sincronización con la estructura de tramas de radio de enlace de subida 13<sub>1</sub>, 13<sub>2</sub>, los transceptores 8, 10 utilizan el canal de acceso aleatorio físico, PRACH (physical random access channel).  
25 En la configuración más simple, los transceptores 8, 10 pueden utilizar las subtramas de enlace de subida SF#0, SF#4, SF#5, y SF#9 para el canal PRACH. Alternativamente, el uso del canal PRACH se puede restringir de tal manera que el canal PRACH se utilice ortogonalmente, es decir, de manera no superpuesta. Para conseguir esto, en la forma de realización en la que las tramas de radio de enlace de subida 13<sub>1</sub>, 13<sub>2</sub> están alineadas con las tramas de radio de enlace de bajada 12<sub>1</sub>, 12<sub>2</sub>, los transceptores 8, 10 planifican el  
30 canal PRACH sólo en las subtramas de enlace de subida SF#4 y SF#5 para ambos sistemas de comunicaciones 6, 7. Una vez que se consigue la sincronización de enlace de subida para un transceptor 8, 10, los nodos 9, 11 pueden planificar recursos de transmisión de enlace de subida para los datos de tráfico de enlace de subida para el respectivo transceptor 8, 10.

35 El canal físico compartido de enlace de subida, PUSCH (physical uplink shared channel), transporta mensajes de señalización de control de recursos de radio, RRC (radio resource control), entre otros. Con la elección de no superposición de los conjuntos  $S_1$ ,  $S_2$  para los datos de tráfico de enlace de subida, los canales PUSCH de los dos sistemas de comunicaciones 6, 7 no se superponen de forma automática.

40 Debido a la planificación mencionada anteriormente de los datos de tráfico de enlace de subida, los recursos del canal físico de control de enlace de subida, PUCCH, utilizados para fines del estándar de solicitud de repetición automática híbrida (HARQ: hybrid automatic repeat request) ya no se superponen. Además, los recursos de canal PUCCH utilizados para informar sobre el indicador de calidad del canal, CQI (channel quality indicator), entrada múltiple salida múltiple, MIMO (multiple input, multiple output), y solicitudes de  
45 planificación, SR (scheduling requests), se puede hacer que no se superpongan por medio de una restricción de configuración del rango del canal PUCCH utilizado por ambos sistemas, por ejemplo, sólo en subtramas de enlace de subida predeterminadas.

50 La invención no se limita, de este modo, a las formas de realización específicas que se han descrito en detalle en el presente documento, sino que abarca todas las variantes, combinaciones y modificaciones de las mismas que caigan dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para una comunicación redundante entre un terminal de usuario (4) y una estación central (3), utilizando el procedimiento un primer y un segundo sistemas de comunicaciones (6, 7), cada uno de los cuales comprende un transceptor (8, 10) del terminal de usuario (4) que se comunica con un nodo (9, 11) conectado a la estación central (3), estando los dos transceptores (8, 10) separados entre sí y estando los dos nodos (9, 11) separados entre sí, en el que ambos sistemas de comunicaciones (6, 7) son operados de acuerdo con un estándar LTE de manera que cada sistema de comunicaciones (6, 7) comunica datos de enlace de bajada a través de una secuencia de tramas de radio de enlace de bajada (12<sub>1</sub>, 12<sub>2</sub>) y datos de enlace de subida a través de una secuencia de tramas de radio de enlace de subida (13<sub>1</sub>, 13<sub>2</sub>), comprendiendo cada una de las tramas de radio de enlace de bajada así como de enlace de subida (12<sub>1</sub>, 12<sub>2</sub>, 13<sub>1</sub>, 13<sub>2</sub>) un número predeterminado de subtramas (SF#n), **caracterizado por el hecho de que** los sistemas de comunicaciones (6, 7) están sincronizados a nivel de subtrama, ambos utilizan rangos de frecuencias idénticos (f<sub>i,d</sub>) para las tramas de radio de enlace de bajada, respectivamente, y ambos utilizan rangos de frecuencias idénticos (f<sub>i,u</sub>) para las tramas de radio de enlace de subida, respectivamente, en el que la primera subtrama (SF#0) de la primera mitad de una de las tramas de radio de enlace de bajada (12<sub>1</sub>) del primer sistema de comunicaciones (6) coincide con la primera subtrama (SF#5) de la segunda mitad de una de las tramas de radio de enlace de bajada (12<sub>2</sub>) del segundo sistema de comunicaciones (7), en el que, tanto para las tramas de radio de enlace de bajada (12<sub>1</sub>, 12<sub>2</sub>) como para las tramas de radio de enlace de subida (13<sub>1</sub>, 13<sub>2</sub>) respectivamente, el primer sistema de comunicaciones (6) utiliza un primer conjunto (S<sub>1</sub>) de subtramas (SF#n) para la comunicación de datos de tráfico y el segundo sistema de comunicaciones (7) utiliza un segundo conjunto (S<sub>2</sub>) de subtramas (SF#n) para la comunicación de datos de tráfico, en el que el primer y el segundo conjuntos de subtramas (S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>) no se superponen durante la comunicación, y en el que, en el caso de un fallo de uno de los sistemas de comunicaciones (6, 7), el respectivo otro sistema de comunicaciones (6, 7) también utiliza el conjunto (S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>) de subtramas (SF#n) no utilizado anteriormente por dicho otro sistema de comunicaciones (6, 7) para la comunicación de datos de tráfico.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que, en el caso de un fallo de uno de los sistemas de comunicaciones (6, 7), el transceptor (8, 10) de dicho sistema de comunicaciones que está fallando (6, 7) se une al sistema de comunicaciones que está operativo (6, 7) y comunica datos de tráfico con el nodo (9, 11) del respectivo otro sistema de comunicaciones (6, 7).
3. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, en el que ambos sistemas de comunicaciones tienen su propio identificador físico de celda, que es codificado en señales de sincronización transmitidas a través de la primera subtrama (SF#0) de la primera mitad y a través de la primera subtrama (SF#0) de la segunda mitad de cada trama de radio de enlace de bajada (12<sub>1</sub>, 12<sub>2</sub>), y en el que la relación entre los identificadores físicos de celda es  $(PCI_1 - PCI_2) \bmod 6 \neq 0$ , en el que PCI<sub>1</sub> y PCI<sub>2</sub> son los identificadores físicos de celda del primer y del segundo sistema de comunicaciones, respectivamente, y mod es la operación de módulo.
4. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que la primera subtrama (SF#0) de la primera mitad de una de las tramas de radio de enlace de subida (13<sub>1</sub>) del primer sistema de comunicaciones (6) coincide con la primera subtrama (SF#5) de la segunda mitad de una de las tramas de radio de enlace de subida (13<sub>2</sub>) del segundo sistema de comunicaciones (7), y en el que cada una de las tramas de radio de enlace de bajada y de enlace de subida (12<sub>1</sub>, 12<sub>2</sub>, 13<sub>1</sub>, 13<sub>2</sub>) comprende diez subtramas (SF#0, ..., SF#9) de tal manera que la primera subtrama (SF#0) del primer sistema de comunicaciones (6) coincide con la sexta subtrama (SF#5) del segundo sistema de comunicaciones (7).
5. Procedimiento según la reivindicación 4, en el que ambos sistemas de comunicaciones utilizan sus respectivas segunda, tercera y cuarta subtramas de enlace de bajada y de subida (SF#1, SF#2, SF#3) para comunicar datos de tráfico cuando ambos sistemas de comunicaciones (6, 7) están en funcionamiento, mientras que un sistema de comunicaciones (6, 7) utiliza la segunda, tercera, cuarta, séptima, octava y novena subtramas de enlace de bajada y de subida (SF#1, SF#2, SF#3, SF#6, SF#7, SF#8), para comunicar datos de tráfico en el caso de un fallo del respectivo otro sistema de comunicaciones (6, 7).
6. Procedimiento según la reivindicación 4 o 5, en el que ambos sistemas de comunicaciones (6, 7) planifican, para las tramas de radio de enlace de bajada (12<sub>1</sub>, 12<sub>2</sub>), unos bloques de información de sistema, SIB, en la sexta subtrama (SF#5) de las tramas de radio de enlace de bajada (12<sub>1</sub>, 12<sub>2</sub>).
7. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 4 a 6, en el que ambos sistemas de comunicaciones (6, 7) planifican, para las tramas de radio de enlace de bajada (12<sub>1</sub>, 12<sub>2</sub>), información de localización en la sexta subtrama (SF#5) cuando se utiliza un ancho de banda igual a 1,4 o 3,0 MHz.

8. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 4 a 6, en el que ambos sistemas de comunicaciones (6, 7) planifican, para las tramas de radio de enlace de bajada ( $12_1, 12_2$ ), información de localización en la primera, quinta, sexta y décima subtramas (SF#0, SF#4, SF#5, SF#9) o sólo en la décima subtrama (SF#9), eligiendo en consecuencia al mismo tiempo unos parámetros de localización de enlace de bajada, cuando se utiliza un ancho de banda igual a 5,0, 10,0, 15,0 o 20 MHz.

9. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 4 a 8, en el que, para las tramas de radio de enlace de subida ( $13_1, 13_2$ ), el canal de acceso aleatorio físico, PRACH, se encuentra sólo en las subtramas quinta y sexta (SF#4, SF#5).

10. Sistema (5) para una comunicación redundante entre un terminal de usuario (4) y una estación central (3), que comprende un primer sistema de comunicaciones (6) que tiene un primer transceptor (8) del terminal de usuario (4) y un primer nodo (9), un segundo sistema de comunicaciones (7) que tiene un segundo transceptor (10) del terminal de usuario (4) y un segundo nodo (11), estando el primer y el segundo transceptores (8, 10) separados entre sí y estando el primer y el segundo nodos (9, 11) separados entre sí, en el que ambos sistemas de comunicaciones (6, 7) están configurados para operar de acuerdo con un estándar LTE, de manera que cada sistema de comunicaciones (6, 7) comunica datos de enlace de bajada a través de una secuencia de tramas de radio de enlace de bajada ( $12_1, 12_2$ ) y datos de enlace de subida a través de una secuencia de tramas de radio de enlace de subida ( $13_1, 13_2$ ), comprendiendo cada una de las tramas de radio de enlace de bajada así como de enlace de subida ( $12_1, 12_2, 13_1, 13_2$ ) un número predeterminado de subtramas (SF#n),

**caracterizado por el hecho de que** los sistemas de comunicaciones (6, 7) están configurados para ser sincronizados a nivel de subtrama, **por el hecho de que** ambos están configurados para utilizar rangos de frecuencias idénticos ( $f_{i,d}$ ) para las tramas de radio de enlace de bajada ( $12_1, 12_2$ ), respectivamente, y **por el hecho de que** ambos están configurados para utilizar rangos de frecuencias idénticos ( $f_{i,u}$ ) para las tramas de radio de enlace de subida ( $13_1, 13_2$ ), respectivamente,

en el que ambos sistemas de comunicaciones (6, 7) están configurados para que la primera subtrama (SF#0) de la primera mitad de una de las tramas de radio de enlace de bajada ( $12_1$ ) del primer sistema de comunicaciones (6) coincida con la primera subtrama (SF#5) de la segunda mitad de una de las tramas de radio de enlace de bajada ( $12_2$ ) del segundo sistema de comunicaciones (7),

en el que, tanto para las tramas de radio de enlace de bajada ( $12_1, 12_2$ ) como para las tramas de radio de enlace de subida ( $13_1, 13_2$ ) respectivamente, el primer sistema de comunicaciones (6) está configurado para utilizar un primer conjunto ( $S_1$ ) de subtramas (SF#n) para la comunicación de datos de tráfico y el segundo sistema de comunicaciones (7) está configurado para utilizar un segundo conjunto ( $S_2$ ) de subtramas (SF#n) para la comunicación de datos de tráfico, en el que el primer y el segundo conjuntos ( $S_1, S_2$ ) de subtramas (SF#n) no se superponen durante la comunicación, y

en el que el primer y el segundo sistemas de comunicaciones (6, 7) están configurados para, en el caso de un fallo del respectivo otro sistema de comunicaciones (6, 7), utilizar también el conjunto ( $S_1, S_2$ ) de subtramas (SF#n) utilizado anteriormente por dicho otro sistema de comunicaciones (6, 7) para la comunicación de datos de tráfico.

11. Sistema según la reivindicación 10, en el que, en el caso de un fallo de uno de los sistemas de comunicaciones (6, 7), el transceptor (8, 10) de dicho sistema de comunicaciones que está fallando está configurado para unirse al sistema de comunicaciones que está operativo (6, 7) y para comunicar datos de tráfico con el nodo (9, 11) del respectivo otro sistema de comunicaciones (6, 7).

12. Sistema según la reivindicación 10 u 11, en el que ambos sistemas de comunicaciones (6, 7) tienen su propio identificador físico de celda, y están configurados para transmitir señales de sincronización (PSS, SSS), que codifican dichos identificadores físicos de celda, a través de la primera subtrama (SF#0) de la primera mitad y a través de la primera subtrama (SF#5) de la segunda mitad de cada trama de radio de enlace de bajada ( $12_1, 12_2$ ), y

en el que la relación entre los identificadores físicos de celda es  $(PCI_1 - PCI_2) \bmod 6 \neq 0$ , en el que  $PCI_1$  y  $PCI_2$  son los identificadores físicos de celda del primer y del segundo sistema de comunicaciones, respectivamente, y mod es la operación de módulo.

13. Sistema según una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 13, en el que ambos sistemas de comunicaciones (6, 7) están configurados para que la primera subtrama (SF#0) de la primera mitad de una de las tramas de radio de enlace de subida ( $13_1$ ) del primer sistema de comunicaciones (6) coincida con la primera subtrama (SF#5) de la segunda mitad de una de las tramas de radio de enlace de subida ( $13_2$ ) del segundo sistema de comunicaciones (7), y

en el que cada una de las tramas de radio de enlace de bajada y de enlace de subida ( $12_1, 12_2, 13_1, 13_2$ ) comprende diez subtramas (SF#0, ..., SF#9) de tal manera que la primera subtrama (SF#0) del primer sistema de comunicaciones (6) coincide con la sexta subtrama (SF#5) del segundo sistema de comunicaciones (7).

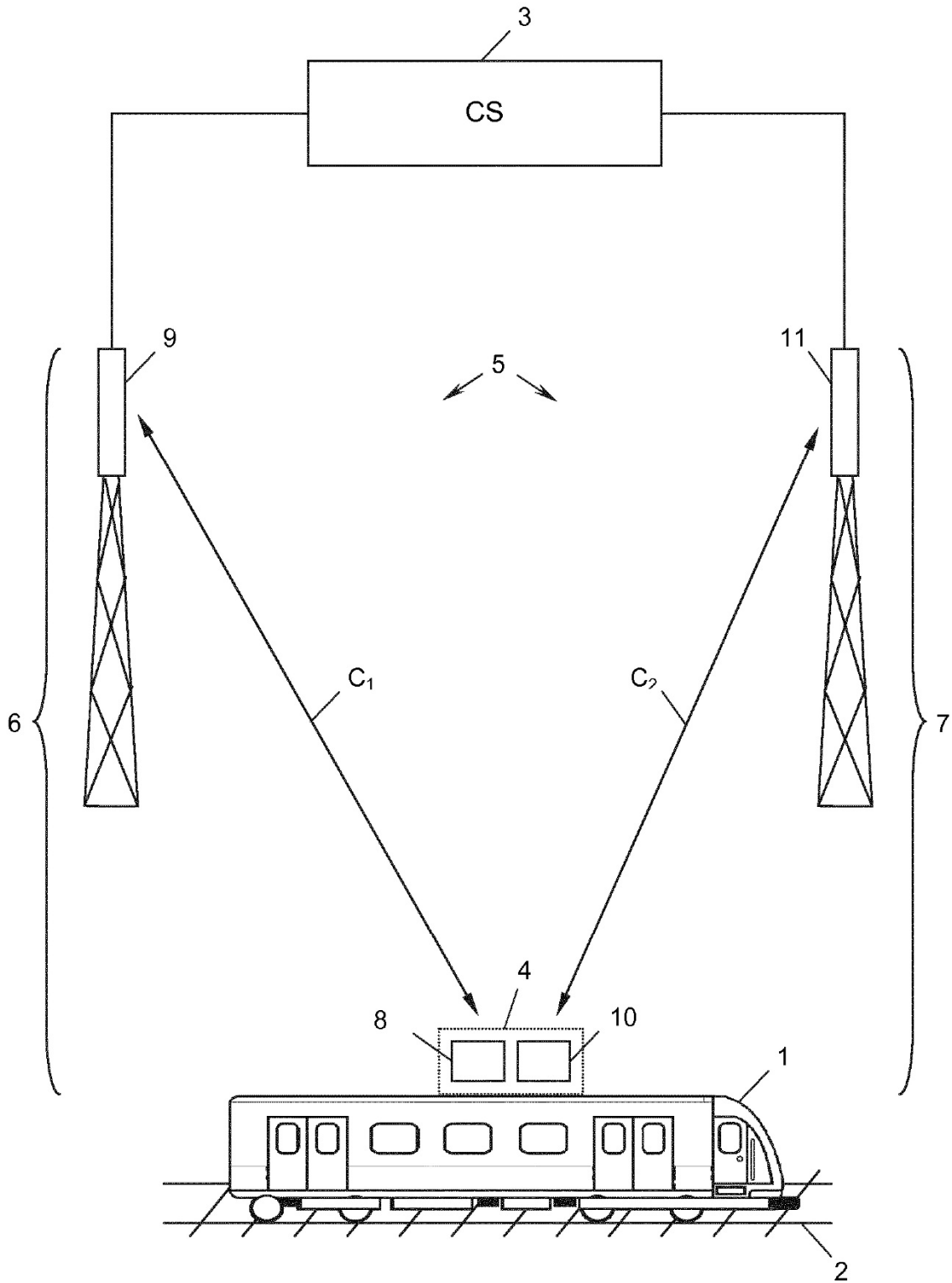
14. Sistema según la reivindicación 13, en el que ambos sistemas de comunicaciones (6, 7) están configurados para utilizar sus respectivas segunda, tercera y cuarta subtramas de enlace de bajada y de

## ES 2 776 804 T3

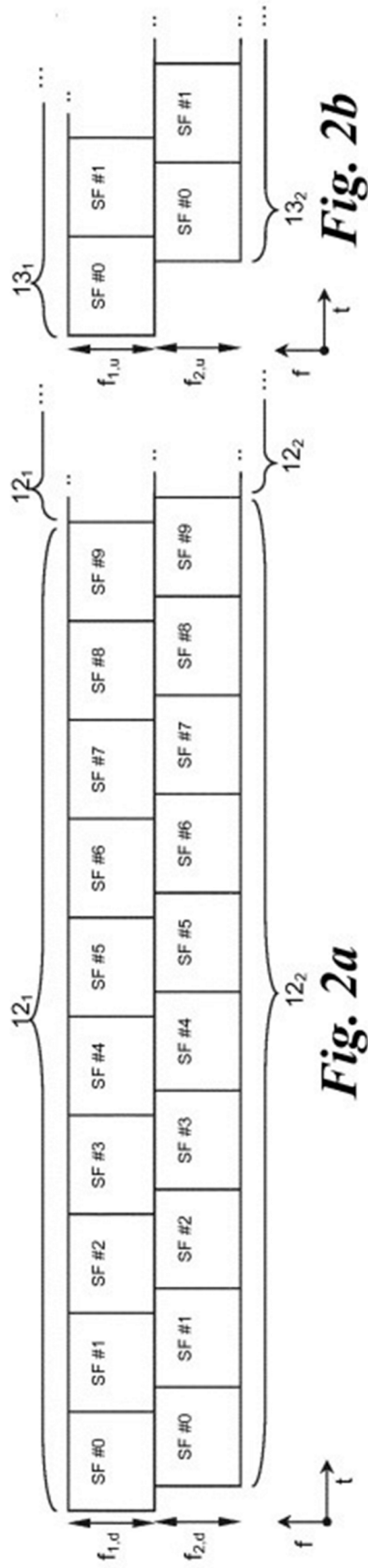
subida (SF#1, SF#2, SF#3) para comunicar datos de tráfico cuando ambos sistemas de comunicaciones (6, 7) están en funcionamiento y están configurados además para utilizar la segunda, tercera, cuarta, séptima, octava y novena subtramas de enlace de bajada y de subida (SF#1, SF#2, SF#3, SF#6, SF#7, SF#8) para comunicar datos de tráfico en el caso de un fallo del respectivo otro sistema de comunicaciones (6, 7).

5

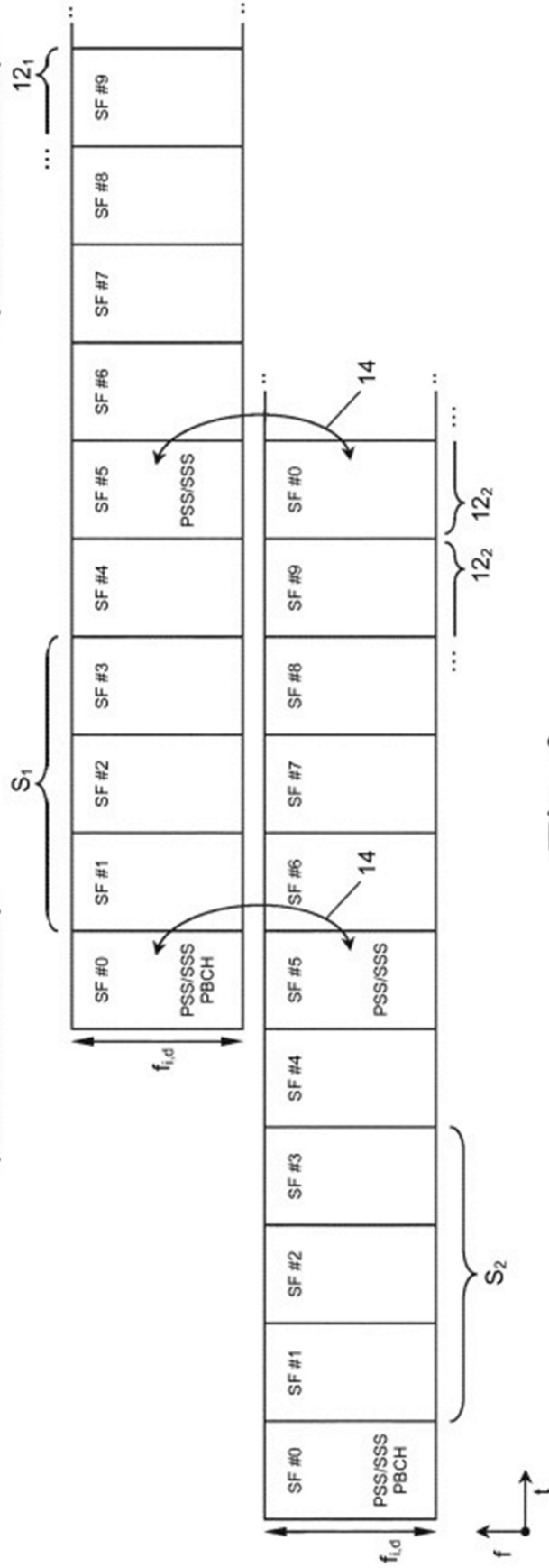
15. Sistema según la reivindicación 13 o 14, en el que ambos sistemas de comunicaciones (6, 7) están configurados para planificar unos bloques de información del sistema, SIB, en la sexta subtrama (SF#5) de las tramas de radio de enlace de bajada (12<sub>1</sub>, 12<sub>2</sub>).



**Fig. 1**



**Fig. 2b**  
(Estado de la técnica)



**Fig. 3**