

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 549 052**

51 Int. Cl.:

H04W 16/32 (2009.01)

H04W 72/08 (2009.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.12.2011** **E 11807738 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.07.2015** **EP 2652979**

54 Título: **Reutilización de frecuencia fraccional en redes heterogéneas**

30 Prioridad:

15.12.2010 WO PCT/EP2010/007699

18.05.2011 US 201113110385

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

22.10.2015

73 Titular/es:

**TELEFONAKTIEBOLAGET L M ERICSSON
(PUBL) (100.0%)**

**Torshamnsgatan 23
164 83 Stockholm, SE**

72 Inventor/es:

**BOUDREAU, GARY DAVID;
DIMOU, KONSTANTINOS;
FALCONETTI, LAETITIA y
HUSCHKE, JÖRG**

74 Agente/Representante:

LINAGE GONZÁLEZ, Rafael

ES 2 549 052 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

Reutilización de frecuencia fraccional en redes heterogéneas

5 Campo técnico

Esta invención se refiere a las telecomunicaciones, y particularmente a la asignación de recursos en redes de telecomunicaciones.

10 Antecedentes

En un sistema de radio celular típico, los terminales inalámbricos (también conocidos como estaciones móviles y/o unidades de equipo de usuario (los UE)) se comunican a través de una red de acceso radio (RAN) con una o más redes de núcleo. La red de acceso radio (RAN) cubre un área geográfica que se divide en áreas de célula, con cada
15 área de célula siendo servida por un nodo de estación base, por ejemplo, una estación base de radio (RBS), que en algunas redes también puede llamarse, por ejemplo, un "Nodo B" (UMTS) o "eNodoB" (LTE). Una célula es un área geográfica donde la cobertura de radio es proporcionada por el equipo de la estación base de radio en un sitio de estación base. Cada célula se identifica mediante una identidad dentro de la zona de radio local, que se emite en la célula. Otra identidad que identifica la célula únicamente en toda la red móvil también se transmite en la célula. Las
20 estaciones base se comunican a través de la interfaz aérea que funciona en las frecuencias de radio con las unidades de equipo de usuario (UE) dentro del alcance de las estaciones base.

En algunas versiones de la red de acceso radio, varias estaciones base están conectadas normalmente (por ejemplo, por líneas terrestres o microondas) a un nodo del controlador (tales como un controlador de red de radio (RNC) o un controlador de estación base (BSC)) que supervisa y coordina diversas actividades de las múltiples
25 estaciones base conectadas al mismo. Los controladores de red de radio están normalmente conectados a una o más redes de núcleo.

El sistema universal de telecomunicaciones móviles (UMTS) es un sistema de comunicación móvil de tercera
30 generación, que evolucionó a partir del sistema global de segunda generación (2G) para comunicaciones móviles (GSM). UTRAN es esencialmente una red de acceso radio que usa acceso múltiple por división de código de banda ancha para las unidades de equipo de usuario (los UE). En un foro conocido como el proyecto asociación de tercera generación (3GPP), los proveedores de telecomunicaciones proponen y acuerdan estándares para redes de tercera generación y UTRAN específicamente, e investigan la velocidad de datos mejorada y la capacidad de radio. Las
35 especificaciones para el sistema de paquetes evolucionado (EPS) se han completado dentro del proyecto asociación de tercera generación (3GPP) y este trabajo continúa en la próxima 3GPP libera. El EPS comprende la red de acceso radio terrestre universal evolucionada (E-UTRAN) (también conocida como el acceso de radio de evolución a largo plazo (LTE)) y el núcleo de paquetes evolucionado (EPC) (también conocido como red de núcleo de evolución de arquitectura del sistema (SAE)). E-UTRAN / LTE es una variante de una tecnología de acceso de radio 3GPP en
40 la que los nodos de estación base de radio se conectan directamente a la red de núcleo EPC en lugar de a los nodos de controlador de red de radio (RNC). En general, en E-UTRAN/LTE las funciones de un nodo de controlador de red de radio (RNC) se distribuyen entre los nodos de estaciones base de radio (los eNodeB en LTE) y la red de núcleo. Como tal, la red de acceso radio (RAN) de un sistema EPS tiene una arquitectura esencialmente "plana" que comprende nodos de estación base de radio sin informar a los nodos de controlador de red de radio (RNC).

En una implementación homogénea con una sola capa de células, los dispositivos transceptores que son sensibles a las interferencias suelen ser también los que causan la interferencia alta a dispositivos de transceptor en células
adyacentes. En el enlace ascendente (UL) la razón de esta concurrencia es la siguiente: un dispositivo de transceptor sensible es uno que tiene una alta pérdida de propagación en la estación base de servicio, y por lo tanto
50 la potencia recibida por la estación base de servicio es baja, en particular si el dispositivo de transceptor alcanza su límite de potencia. Un dispositivo de transceptor con alta pérdida de propagación está normalmente en el borde de célula (comúnmente llamado dispositivo de transceptor de borde de célula), que es donde está también más cerca de las células adyacentes (y las estaciones base adyacentes). Para estas células adyacentes del dispositivo transceptor (especialmente cuando funciona a su límite de potencia) es normalmente una fuerte interferencia.

Las crecientes demandas en las redes móviles para soportar las aplicaciones de datos en mayores rendimientos y eficiencias espectrales ha impulsado la necesidad de desarrollar redes de 4ª generación (4G) basadas en la multiplexación por división de frecuencias ortogonales (OFDM) incluida la evolución a largo plazo (LTE) 3GPP. Un
60 objetivo clave con respecto al implementación de redes de 4G de OFDM es usar una frecuencia de reutilización de uno (indicado por $N=1$), o lo más cercano a la reutilización $N=1$ como es práctico. Una frecuencia de reutilización de $N=1$ implica que las estaciones base en las células transmiten en todos los bloques de recursos de tiempo-frecuencia disponibles (los RB) simultáneamente. Debido a transmitir limitaciones de potencia en los terminales móviles, la necesidad de mayores rendimientos en las redes de 4G, especialmente cerca del borde de célula, en combinación con la restricción en el presupuesto del enlace de enlace ascendente requerirá la necesidad de
65 tamaños de célula más pequeños que normalmente se implementan para sistema celulares presentes de 2ª generación (2G) y 3ª generación (3G).

El uso de tamaños de células más pequeñas se puede implementar en un enfoque de división celular homogénea tradicional o en un enfoque más heterogéneo ad hoc en el que las picocélulas o nodos de retransmisión se superponen en una red macrocelular existente. Tanto para un enfoque homogéneo como heterogéneo, el sistema limitado de interferencia resultante para la implementación $N=1$ no alcanzará la capacidad potencial total que el estándar LTE puede soportar sin la aplicación en la estación base y el terminal móvil de una o más técnicas de mitigación de interferencia y/o cancelación viables.

Las técnicas de cancelación y mitigación de interferencia se han investigado e implementado con diferentes grados de éxito en las redes móviles terrestres durante más de veinte años. Los enfoques tradicionales de mitigación de la interferencia entre las señales transmitidas se han centrado tanto en asegurar la ortogonalidad entre las señales transmitidas en el tiempo, frecuencia, así como espacialmente o mediante la eliminación y la cancelación activa de señales de interferencia de la señal deseada si la ortogonalidad entre la señal deseada y interferentes potenciales no se puede lograr. En los primeros sistemas celulares 2G tal ortogonalidad se logró principalmente a través de las asignaciones previamente planificadas estáticas de recursos de radio.

Los sistemas 3G introdujeron técnicas de cancelación de interferencia basados principalmente en una combinación de información ciega reunida en una estación base como el monitoreo del uso del espectro y el intercambio burdo de los indicadores de interferencia tales como el indicador la subida sobre térmico (RoT) empleado en el 3GPP2 1xEV-DO estándar. Normalmente las señales interferentes se han estimado usando la detección ciega y sus estimaciones restadas de las señales deseadas.

Desde una perspectiva de enlace el enlace descendente (DL) permite un análisis más manejable puesto que si se conoce la localización del terminal móvil deseado, las distancias a todas las estaciones base de interferencia potenciales pueden ser fácilmente determinadas basándose en la geometría de la red y, por tanto, una estimación basada en probabilidad de señal a interferencia más ruido (SINR) se puede calcular basándose en las condiciones de desvanecimiento de canal para la señal deseada y las señales de interferencia. Además de ruido blanco gaussiano aditivo (AWGN), tanto la señal deseada como las señales interferentes experimentarán un ensombrecimiento que normalmente se distribuye de manera log-normal.

El análisis de la interferencia de enlace ascendente (UL) requiere el conocimiento de no sólo la localización del terminal móvil deseado bajo consideración, sino también las localizaciones relativas de todos los terminales móviles de interferencia potenciales, para lo cual tanto las localizaciones de los terminales de interferencia, el número de terminales potenciales, así como su velocidad espacial serán variables aleatorias.

En las redes celulares es un problema bien conocido que, en medio de la carga pesada, la red se vuelve limitada de interferencia que puede resultar en relaciones de señal a interferencia más ruido (SINR), en particular para los usuarios de borde de célula.

El reto de la implementación de un sistema OFDM de reutilización de frecuencia $N=1$ estática en un entorno limitado de interferencia es que para una implementación a plena carga, las regiones importantes de cobertura experimentarán niveles SINR negativos resultantes en huecos en la cobertura implementada, con independencia de la distancia intercelular. En un sistema limitado de interferencia no es raro que para el orden del 15% de los usuarios experimenten SINR negativa, con algunos usuarios que experimentan niveles SINR negativos de -10 a -15 dB. Cabe señalar que en una implementación celular limitada de interferencia completamente cargada la gravedad de la degradación SINR dependerá altamente del exponente medio de pérdida de propagación. Para una implementación celular con una distancia intercelular fija, los entornos de propagación de pérdida de propagación con exponentes de pérdida de propagación hasta un 5° o 6° orden experimentarán menos interferencia en general que las implementaciones con exponentes de pérdida de propagación más bajos, puesto que las señales de interferencia potenciales de las células vecinas serán atenuadas más notablemente en el primer caso. A pesar de que habrá variación SINR significativa dependiendo del entorno de propagación, con el fin de implementar con firmeza un sistema OFDM LTE se tendrá que mitigar las regiones de cobertura SINR negativo inevitables que existirán.

La reutilización de frecuencia fraccional (FFR) es un enfoque que se puede emplear estática o adaptativamente en implementaciones de redes celulares heterogéneas para mejorar la geometría general y los niveles de SINR, especialmente para los usuarios de borde de célula. Sin embargo, esta ganancia en SINR es normalmente a costa de una disminución en el rendimiento de células de agregado total y la eficiencia espectral. Por ejemplo, el rendimiento total se reduce a aproximadamente 70% de una implementación $N=1$ si se emplea FFR $N=1/3$.

El uso de superposiciones de picocélulas o nodos de retransmisión en implementaciones macrocelulares existentes también se pueden emplear para mejorar la cobertura celular, así como aumentar el borde de célula o el rendimiento celular total. Sin embargo, las implementaciones heterogéneas de macro/picocélulas sufren de una serie de problemas potenciales. En la liberación de LTE 8, la selección de célula entre las estaciones base de macrocélulas y las estaciones base de picocélulas normalmente se basará en el uso potencia recibida de símbolo de referencia de (RSRP). Con este enfoque, los UE de macrocélulas cerca del borde de la macrocélula normalmente estarán transmitiendo con alta potencia y pueden causar un alto nivel de interferencia a las estaciones base de picocélulas

cercanas. En el enlace descendente (DL) si el UE tiene acceso abierto a cualquiera de las macro estaciones base o pico, el UE puede conectarse al mejor enlace. Sin embargo, en el borde entre las macro y picocélulas el nivel de señal a interferencia (SIR) puede ser baja. En tal situación, los enfoques de coordinación de interferencias intercelular pueden ser beneficiosos. Sin embargo, si el acceso a las pico o femtocélulas de la red heterogénea está restringido o cerrado (por ejemplo, grupos cerrados de abonados o CSG), las estaciones base de femtocélulas pueden causar un alto nivel de interferencia a los macro UE cercanos que no pueden transferir a las femto estaciones base.

Un segundo enfoque posible para la selección de células entre macro estaciones base y pico es emplear un enfoque de ganancia de trayecto que es óptimo para el equilibrio de carga. Con este enfoque la intensidad de la señal UL será generalmente robusta, sin embargo, la SIR en los bordes de las macro-pico células puede ser baja. Con respecto a la DL, se puede experimentar una interferencia alta por los pico UE de las transmisiones de la macro estación base, tanto para los canales de control como de datos. Además, para un escenario de CSG, los macro UE cerca de la estación base pico sólo pueden conectarse a la macro estación base y serán una fuente de alta interferencia a la estación base de pico para las transmisiones UL.

El documento EP2180739A1 aborda problemas de interferencia que ocurren cuando ciertos macro UE (los MUE) y femto UE (los FUE) usan los mismos recursos de radio, o cuando ciertas macro estaciones base (MBS) y ciertas femto estaciones base (FBS) usan los mismos recursos de radio. El documento EP2180739A1 también aborda la coordinación de la asignación de recursos entre macro y femtocélulas. En particular, el documento EP2180739A1 proporciona un controlador que divide un grupo de recursos de radio en una porción primera y porción segunda. La porción primera y la porción segunda pueden ser tales que la interferencia se reduce cuando el receptor de estación base, que usa la porción primera de los recursos de radio, se comunica simultáneamente con el transceptor de estación base segundo, que usa la porción segunda 142 de recursos de radio.

Sumario

La presente invención se define por las reivindicaciones independientes adjuntas. Se describen realizaciones ventajosas en las reivindicaciones dependientes adjuntas. En uno de sus aspectos, la tecnología divulgada en el presente documento se refiere a diversas realizaciones de ejemplo de los nodos de estación base, por ejemplo, estaciones base, de una red de acceso radio heterogénea. La red de acceso radio heterogénea comprende una macrocapa (que incluye al menos una macrocélula servida por una macro estación base) y una microcapa (que incluye al menos una microcélula servida por una micro estación base). Algunas realizaciones de ejemplo de nodos de estaciones base son macro estaciones base que sirven macrocélulas; otras realizaciones de ejemplo de nodos de estaciones base son micro estaciones base sirven microcélulas.

En una realización de ejemplo la estación base comprende un localizador de terminal y un programador. El localizador de terminal está configurado para obtener una indicación de la localización de un terminal inalámbrico en una célula servida por la estación base. Por ejemplo, la localización del terminal puede determinar si el terminal inalámbrico está en una región central o una región de borde de célula servida por el nodo de estación base.

El programador está configurado para usar la indicación de localización para asignar al terminal inalámbrico una frecuencia del ancho de banda de frecuencia utilizable por la red de acceso radio heterogénea. El programador, conocido como un programador de particionamiento influido por localización, está particularmente configurado para asignar una frecuencia a partir de una porción particionada del ancho de banda de frecuencia si la célula servida por el nodo de estación base es una microcélula y el terminal inalámbrico está en una región de borde de una microcélula. El programador también está configurado para asignar una frecuencia del ancho de banda de frecuencia si la célula servida por el nodo de estación base es una microcélula y el terminal inalámbrico está en una porción central de la microcélula. La asignación de frecuencia a un terminal inalámbrico que está en una porción central de una célula puede ser por diferentes criterios que ese de un terminal inalámbrico en una porción de borde de la célula. Por ejemplo, la micro estación base puede asignar una frecuencia del ancho de banda de frecuencia sin tener en cuenta la porción particionada (por ejemplo, en cualquier frecuencia adecuada en el ancho de banda de frecuencia sin restricción de la porción particionada) si el terminal inalámbrico está en una porción central de la microcélula.

En una realización de ejemplo, si la célula servida por el nodo de estación base es una macrocélula el programador está configurado además para asignar una frecuencia del ancho de banda de frecuencia si el terminal inalámbrico es servido por la macrocélula y está en una porción central de la macrocélula o no interfiere sustancialmente con una microcélula. La asignación de frecuencia a un terminal inalámbrico que está en una porción central de una célula puede ser por diferentes criterios que ese la de un terminal inalámbrico en una porción de borde de la célula. Por ejemplo, el programador puede estar configurado además para asignar una frecuencia del ancho de banda de frecuencia sin tener en cuenta la porción particionada si el terminal inalámbrico es servido por la macrocélula y está en una porción central de la macrocélula o no interfiere sustancialmente con una microcélula.

Como se usa en el presente documento, una "porción particionada" es menor que todo el ancho de banda de frecuencia utilizable por la red de acceso radio heterogénea. Normalmente, el ancho de banda de frecuencia usado

por la red de acceso radio heterogénea se divide en múltiples particiones, por ejemplo, al menos una partición primera y una partición segunda. Por lo tanto, una porción particionada puede ser un subconjunto del ancho de banda de frecuencia utilizable por la red de acceso radio heterogénea, y puede comprender una de las múltiples particiones del ancho de banda de frecuencia. Siendo asignada una frecuencia de una porción particionada significa que un terminal inalámbrico no es elegible para tener una asignación de frecuencia de todas las frecuencias del ancho de banda utilizable por la red de acceso radio heterogénea.

Como se mencionó anteriormente, en algunas realizaciones de ejemplo los nodos de estaciones base son micro estaciones base que sirven microcélulas. En tales realizaciones de ejemplo, la red de acceso radio heterogénea comprende múltiples macrocélulas y múltiples microcélulas dentro de cada una de las múltiples macrocélulas, y el ancho de banda de frecuencia usado por la red de acceso radio heterogénea se divide en múltiples particiones.

En algunas realizaciones de ejemplo de los nodos de micro estación base el programador está configurado para asignar una frecuencia desde la partición segunda si el terminal inalámbrico está en una región de borde de una microcélula servida por el nodo de micro estación base.

En algunas realizaciones de ejemplo de los nodos de micro estación base seleccionados una de las múltiples particiones es una partición diferente de la que se usa por un nodo de micro estación base dentro de la macrocélula para asignar una frecuencia a cualquier terminal inalámbrico dentro del nodo de micro estación base. En una implementación de ejemplo la seleccionada de las múltiples particiones es una misma partición que se usa por un nodo de micro estación base dentro de otra macrocélula para asignar una frecuencia a un terminal inalámbrico en una región de borde del nodo de micro estación base que está en la otra macrocélula.

En algunas realizaciones de ejemplo de los nodos de micro estación base el programador está configurado además para asignar la frecuencia desde la seleccionada de las múltiples particiones del ancho de banda de frecuencia, la seleccionada de las múltiples particiones siendo una misma partición que se usa, por otro nodo de estación base que sirve a otra microcélula en una misma macrocélula, para asignar una frecuencia a otro terminal inalámbrico en una región de borde de la otra microcélula, pero la seleccionada de las múltiples particiones siendo diferente de otra partición que se usa, por todavía otro nodo de estación base que sirve a otra microcélula en otra macrocélula que es adyacente a la macrocélula, para asignar una frecuencia a otro terminal inalámbrico en una región de borde de la otra microcélula.

En algunas realizaciones de ejemplo de los nodos de micro estación base el programador está configurado además para asignar la frecuencia desde una seleccionada de las múltiples particiones del ancho de banda de frecuencia, la seleccionada de las múltiples particiones siendo una partición diferente de la que se usa, por otro nodo de estación base que sirve a otra microcélula en una misma macrocélula, para asignar una frecuencia a otro terminal inalámbrico en una región de borde de la otra microcélula.

En algunas realizaciones de ejemplo de los nodos de micro estación base las múltiples particiones se dividen en múltiples subparticiones. Una partición primera se asocia con las múltiples macrocélulas y una partición segunda está asociada con las múltiples microcélulas. Una subpartición primera de la partición segunda es principalmente para microcélulas en una macrocélula primera y una subpartición segunda de la partición segunda es principalmente para microcélulas en una macrocélula segunda. Alternativamente, la subpartición primera de la partición segunda puede ser todo para una microcélula primera en la macrocélula primera y la subpartición segunda puede ser para una microcélula segunda (u otras microcélulas) en la macrocélula primera. El nodo de estación base sirve a una microcélula particular, que comprende múltiples microcélulas. El programador está configurado además para asignar al terminal inalámbrico una frecuencia seleccionada desde una subpartición seleccionada de la partición segunda si el terminal inalámbrico está en una región de borde de la microcélula particular. En una implementación de ejemplo, la subpartición seleccionada de la partición segunda está asociada con la macrocélula en la que está localizada la microcélula particular.

En algunas realizaciones de ejemplo los nodos de estación base son macro estaciones base que sirven a macrocélulas. En tales realizaciones de ejemplo, la red de acceso radio heterogénea comprende múltiples macrocélulas y múltiples microcélulas dentro de cada una de las múltiples macrocélulas, y el ancho de banda de frecuencia usado por la red de acceso radio heterogénea se divide en múltiples particiones.

El programador está configurado para asignar una frecuencia del ancho de banda de frecuencia si el terminal inalámbrico se encuentra en una porción central de la célula servida por el nodo de estación base o no interfiere sustancialmente con una microcélula. La asignación de frecuencia a un terminal inalámbrico que está en una porción central de una célula puede ser por diferentes criterios que la de un terminal inalámbrico en una porción de borde de la célula. Por ejemplo, en algunas realizaciones de ejemplo de nodos de macro estación base, el programador está configurado para asignar una frecuencia del ancho de banda de frecuencia sin tener en cuenta la porción particionada si el terminal inalámbrico está en una porción central de la célula servida por el nodo de estación base o no interfiere sustancialmente con una microcélula.

En algunas realizaciones de ejemplo de los nodos de micro estación base el programador está configurado para

asignar una frecuencia desde una partición primera si el terminal inalámbrico está en una región de borde de una macrocélula servida por el nodo de macro estación base.

En algunas realizaciones de ejemplo de los nodos de micro estación base el programador está configurado además para asignar una frecuencia desde la seleccionada de las múltiples particiones del ancho de banda de frecuencia si el terminal inalámbrico está en una región de borde de célula servida por el nodo de macro estación base, la seleccionada de las múltiples particiones siendo una partición diferente de la que es usada por otro nodo de estación base que sirve a una macrocélula adyacente para asignar una frecuencia a otro terminal inalámbrico en una región de borde de la macrocélula adyacente. En una implementación de ejemplo, la seleccionada de las múltiples particiones es una partición diferente que la que es usada por un nodo de micro estación base dentro de la macrocélula para asignar una frecuencia a cualquier terminal inalámbrico dentro del nodo de micro estación base. En otra implementación de ejemplo, la seleccionada de las múltiples particiones es una misma partición que es usada por un nodo de micro estación base dentro de otra macrocélula para asignar una frecuencia a un terminal inalámbrico en una región de borde del nodo de micro estación base que está en la otra macrocélula.

Algunas realizaciones de ejemplo de nodos de micro estación base, son realizaciones de dos etapas. En las realizaciones de dos etapas las múltiples particiones se dividen en múltiples subparticiones. Una partición primera se asocia con una o más macrocélulas y una partición segunda se asocia principalmente con las múltiples microcélulas. El nodo de macro estación base sirve a una macrocélula particular, que comprende las múltiples macrocélulas.

En un ejemplo de realización de dos etapas de una macro estación base el programador está configurado además para asignar al terminal inalámbrico una frecuencia de una seleccionada de las subparticiones de la partición primera si el terminal inalámbrico está en una región de borde de la macrocélula particular y/o sustancialmente interfiere con una célula distinta a la macrocélula particular. En una implementación de ejemplo, la seleccionada de las subparticiones de la partición primera es un subpartición asociada con la macrocélula particular.

En otro ejemplo, dos modalidades etapa de una macro estación base una partición primera está asociada con las múltiples macrocélulas y una partición segunda se asocia principalmente con las múltiples microcélulas. El nodo de estación base sirve una macrocélula particular, que comprende las múltiples macrocélulas. El programador está configurado además para asignar al terminal inalámbrico una frecuencia del ancho de banda de frecuencia utilizable por la red de acceso radio heterogénea si el terminal inalámbrico no interfiere sustancialmente con una célula que no sea la macrocélula particular. Por ejemplo, el programador puede asignar al terminal inalámbrico una frecuencia del ancho de banda de frecuencia por la diferente criterio, por ejemplo, sin tener en cuenta la porción particionada.

En otra realización de ejemplo de dos etapas de una macro estación base una partición primera se asocia con las múltiples macrocélulas y una partición segunda está asociada con las múltiples microcélulas. El nodo de estación base sirve a una macrocélula particular, que comprende las múltiples macrocélulas. El programador está configurado además para asignar al terminal inalámbrico una frecuencia de la partición segunda si el terminal inalámbrico interfiere sustancialmente con una macrocélula que no sea la macrocélula particular y no interfiere sustancialmente con una microcélula. En una implementación de ejemplo, el programador está configurado además para asignar al terminal inalámbrico una frecuencia de una seleccionada de las subparticiones de la partición segunda, y en la que la seleccionada de las subparticiones de la partición segunda está asociada con la macrocélula particular.

En otro de sus aspectos, la tecnología divulgada en el presente documento se refiere a un método de funcionamiento de una red de acceso radio heterogénea. La red de acceso radio heterogénea comprende una macrocapa que incluye al menos una macrocélula servida por una macro estación base y una microcapa que comprende al menos una microcélula servida por una micro estación base. En una realización y modo de ejemplo el método comprende la división de un ancho de banda de frecuencia utilizable por la red de acceso radio heterogénea en una porción particionada que es menor que todo el ancho de banda. El método comprende además la asignación de una frecuencia de la porción particionada a un terminal inalámbrico en una región de borde de microcélula; y la asignación de una frecuencia del ancho de banda de frecuencia a un terminal inalámbrico que está en una región central de la microcélula. La asignación de frecuencia a un terminal inalámbrico en una porción central de una célula puede ser por diferentes criterios que la de un terminal inalámbrico en una porción de borde de célula. Por ejemplo, la micro estación base puede asignar una frecuencia del ancho de banda de frecuencia sin tener en cuenta la porción particionada (por ejemplo, en cualquier frecuencia adecuada en el ancho de banda de frecuencia y sin restricción de la porción particionada) si el terminal inalámbrico está en una porción central de la microcélula.

En una realización y modo de ejemplo el método además comprende la asignación, por ejemplo, por diferente criterios (por ejemplo, sin tener en cuenta la porción particionada), una frecuencia del ancho de banda de frecuencia a un terminal inalámbrico que está en una región central de la macrocélula

En una realización y modo de ejemplo el método comprende además la determinación de si el terminal inalámbrico está en la región central o la región de borde para la microcélula.

En una realización y modo de ejemplo el método comprende además la división del ancho de banda de frecuencia

utilizable por la red de acceso radio heterogénea en múltiples porciones particionadas (cada una de las cuales es menor que todo el ancho de banda), y la asignación de frecuencias de las porciones particionadas a terminales inalámbricos en una región de borde de la macrocélula y a terminales inalámbricos en una región de borde de la microcélula.

5 En un ejemplo de implementación, el método comprende además: dividir el ancho de banda de frecuencia utilizable por la red de acceso radio heterogénea en múltiples particiones; asignar una frecuencia de una partición primera a los terminales inalámbricos en una región de borde de la macrocélula; y la asignación de una frecuencia de una partición segunda a los terminales inalámbricos en una región de borde de la microcélula.

10 En una realización y modo de ejemplo, el método comprende además: dividir el ancho de banda de frecuencia utilizable por la red de acceso radio heterogénea en múltiples particiones; la asignación de una frecuencia de una partición primera a los terminales inalámbricos en la región de borde de una macrocélula primera; la asignación de una frecuencia de una partición segunda a un terminal inalámbrico en la región de borde de una macrocélula segunda; y, la asignación de una frecuencia de una partición tercera a un terminal inalámbrico en la región de borde de una microcélula.

15 En una implementación de ejemplo el método comprende además la asignación de la frecuencia desde la partición tercera al terminal inalámbrico en la región de borde de una microcélula independientemente de si la microcélula está en la macrocélula primera o la macrocélula segunda.

20 En una realización y modo de ejemplo el método comprende además: dividir el ancho de banda de frecuencia utilizable por la red de acceso radio heterogénea en múltiples particiones; asignar una frecuencia de una partición primera a un terminal inalámbrico en una región de borde de una macrocélula primera; la asignación de una frecuencia de una partición segunda a un terminal inalámbrico en una región de borde de una macrocélula segunda; la asignación de una frecuencia de partición tercera a un terminal inalámbrico en una región de borde de una microcélula primera dentro de la macrocélula primera; y la asignación de una frecuencia de una partición cuarta a un terminal inalámbrico en una región de borde de una microcélula segunda dentro de la macrocélula primera.

25 En una realización y modo de ejemplo, el método comprende además: asignar una frecuencia de la partición tercera a un terminal inalámbrico en una región de borde de una microcélula primera dentro de la macrocélula segunda; y asignar una frecuencia de la partición cuarta a un terminal inalámbrico en una región de borde de una microcélula segunda dentro de la macrocélula segunda.

30 En una realización y modo de ejemplo el método comprende además: dividir el ancho de banda de frecuencia utilizable por la red de acceso radio heterogénea en múltiples particiones; asignar una frecuencia de una partición primera a los terminales inalámbricos en una región de borde de las múltiples microcélulas dentro de una macrocélula primera; y la asignación de una frecuencia de una partición segunda a los terminales inalámbricos en una región de borde de las múltiples microcélulas dentro de una macrocélula segunda.

35 En un ejemplo de implementación, el método comprende además la asignación de una frecuencia del ancho de banda de frecuencia a un terminal inalámbrico que está en cualquiera de las múltiples macrocélulas o en la región central de cualquiera de las múltiples microcélulas. Tal asignación puede ser sin tener en cuenta las múltiples porciones particionadas.

40 En una realización y modo de ejemplo el método comprende además: dividir el ancho de banda de frecuencia utilizable por la red de acceso radio heterogénea en múltiples particiones; asignar una frecuencia de una partición primera a un terminal inalámbrico en una región de borde de una microcélula primera dentro de una macrocélula primera; y asignar una frecuencia de una partición segunda a un terminal inalámbrico en una región de borde de una microcélula segunda dentro de la macrocélula primera.

45 En una realización y modo de ejemplo, el método comprende además: asignar una frecuencia de la partición primera a un terminal inalámbrico en una región de borde de una microcélula primera dentro de una macrocélula segunda; y asignar una frecuencia de la partición segunda a un terminal inalámbrico en una región de borde de una microcélula segunda dentro de la macrocélula segunda.

50 Algunas realizaciones y modos de ejemplo implican múltiples (por ejemplo, dos) etapas de particionamiento. En una realización y modo de ejemplo el método comprende además: dividir el ancho de banda de frecuencia utilizable por la red de acceso radio heterogénea en múltiples particiones incluyendo una partición primera y una partición segunda; dividir las múltiples particiones en múltiples subparticiones; asignar una frecuencia de una partición segunda a un terminal inalámbrico en una región de borde de una de las múltiples microcélulas por: la asignación de una frecuencia de una subpartición primera de la partición segunda si el terminal inalámbrico está en una región de borde de una microcélula en la macrocélula primera; y la asignación de una frecuencia de una subpartición segunda de la partición segunda si el terminal inalámbrico está en una región de borde de una microcélula en la macrocélula segunda.

En una realización y modo de ejemplo el método comprende además la asignación de una frecuencia de una partición primera a un terminal inalámbrico en una región de borde de una de las múltiples macrocélulas por: la asignación de una frecuencia de una subpartición primera de la partición primera si el terminal inalámbrico está en una región de borde de una macrocélula primera; y la asignación de una frecuencia de una subpartición segunda de la partición primera si el terminal inalámbrico está en una región de borde de una macrocélula segunda.

En una realización y modo de ejemplo el método comprende además la asignación de una frecuencia de una partición primera a un terminal inalámbrico en una de las múltiples macrocélulas por: la asignación de una frecuencia de una subpartición primera de la partición primera si el terminal inalámbrico está en una región de borde de una macrocélula primera e interfiere con cualquier nodo de micro estación base; y la asignación de una frecuencia de una subpartición segunda de la partición primera si el terminal inalámbrico está en una macrocélula segunda e interfiere con cualquier nodo de micro estación base.

En una realización y modo de ejemplo el método comprende además: asignar una frecuencia de la partición segunda a un terminal inalámbrico en una de las múltiples macrocélulas si el terminal inalámbrico está en una macrocélula y no interfiere sustancialmente con ningún nodo de micro estación base.

En una realización y modo de ejemplo el método comprende además la asignación de una frecuencia del terminal inalámbrico en una de las múltiples macrocélulas por: la asignación de una frecuencia de una subpartición primera de la partición segunda si el terminal inalámbrico está en una región de borde de una macrocélula primera y no interfiere sustancialmente con ningún nodo de micro estación base; y la asignación de una frecuencia de una subpartición segunda de la partición segunda si el terminal inalámbrico está en una macrocélula segunda y no interfiere sustancialmente con ningún nodo de micro estación base.

En una realización y modo de ejemplo de ancho de banda de frecuencia de la subpartición primera de la partición primera está separada de la subpartición primera de la partición segunda por al menos la subpartición segunda de la partición primera.

Breve descripción de los dibujos

Lo anterior y otros objetos, características y ventajas de la invención serán evidentes a partir de la siguiente descripción más particular de las realizaciones preferidas como se ilustra en los dibujos que se acompañan en los que los caracteres de referencia se refieren a las mismas partes en todas las diversas vistas. Los dibujos no están necesariamente a escala, poniéndose el énfasis en su lugar en ilustrar los principios de la invención.

La figura 1 es una vista esquemática de porciones de una red de acceso de radio heterogénea que se simplifica para ilustrar una macrocapa y una microcapa.

La figura 2 es una vista esquemática de porciones de una red de acceso radio heterogénea que muestra, por ejemplo, la colocación de ejemplo de diferentes tipos de estaciones base.

La figura 3 es una vista esquemática de porciones de red de acceso radio heterogénea que muestra comprender múltiples macrocélulas, sirviendo cada macrocélula a múltiples microcélulas.

La figura 3A es una vista esquemática que ilustra una partición en una subbanda primera "priorizada" asociada con una o más células de una capa de células primera y una subbanda segunda "priorizada" asociada con una o más células de una capa de células segunda.

La figura 4 una vista esquemática de porciones de una realización de ejemplo de un nodo de estación base genérico.

La figura 5 es una vista esquemática de porciones de una realización de ejemplo de un terminal inalámbrico genérico.

La figura 6 una vista esquemática que ilustra una región central M de una célula y una región de borde E de una célula.

La figura 7 es un diagrama de flujo que ilustra actos o etapas básicos representativos realizados en un modo genérico de un método de ejemplo de la tecnología divulgada en este documento.

La figura 7A es un diagrama de flujo que ilustra actos o etapas básicos representativos realizados en un modo modificado del método básico de la figura 7.

La figura 7B es un diagrama de flujo que ilustra actos o etapas básicos representativos realizados en un modo más detallado del método básico de la figura 7.

La figura 7C es un diagrama de flujo que ilustra actos o etapas básicos representativos realizados en otro modo más detallado del método básico de la figura 7.

5 La figura 8 es una vista esquemática que representa la descarga de un plan de partición desde un nodo central o de gestión a los nodos de estación base de una red de acceso radio heterogénea.

La figura 9 es una vista esquemática que representa la carga de un plan de partición en nodos de estación base de una red de acceso radio heterogénea.

10 La figura 10A, la figura 11A, la figura 12A, la figura 13 A, la figura 14A son vistas esquemática que ilustran realizaciones y modos de ejemplo de estrategias de asignación de recursos de acuerdo con la tecnología divulgada en el presente documento.

15 La figura 10B, la figura 11B, la figura 12B, la figura 13B y la figura 14B son diagramas de flujo que ilustran actos o etapas básicos representativos realizados en los métodos de funcionamiento de una red de acceso radio heterogénea de acuerdo con las respectivas estrategias de la figura 10A, la figura 11 A, la figura 12A, la figura 13A y la figura 14.

20 La figura 11C, la figura 12C, la figura 13C y la figura 14C son diagramas de flujo que ilustran actos o etapas básicos representativos realizados en métodos alternativos de funcionamiento de una red de acceso radio heterogénea de acuerdo con las respectivas estrategias de la figura 11A, la figura 12A, la figura 13A y la figura 14A.

25 La figura 15 es una vista esquemática que ilustra una realización y modo de ejemplo de una estrategia de asignación de recursos de subpartición de acuerdo con la tecnología divulgada en el presente documento.

La figura 15A es una vista esquemática de porciones de una red de acceso radio heterogénea que muestran una región rayada en la que los macro terminales inalámbricos de una macro estación base potencialmente interfieren fuertemente con una microcélula.

30 La figura 16 es una vista esquemática que ilustra otra realización y modo de ejemplo de una estrategia de asignación de recursos de subpartición de acuerdo con la tecnología divulgada en el presente documento.

La figura 16A es una vista esquemática que ilustra adicionalmente la realización de la figura 16.

35 La figura 17A - la figura 17D son diagramas de flujo que ilustran actos o etapas básico representativos realizados en los métodos de operación de una red de acceso radio heterogénea de acuerdo con diversas realizaciones y/o modos subparticionados.

40 La figura 18 es una vista esquemática de porciones de otra realización de ejemplo de un nodo de estación base, incluyendo una implementación de plataforma.

45 La figura 19 es una vista esquemática de porciones de otra realización de ejemplo de un terminal inalámbrico, que incluye una implementación de plataforma.

Descripción detallada

50 En la siguiente descripción, con fines de explicación y no de limitación, los detalles específicos se exponen tales como arquitecturas particulares, interfaces, técnicas, etc., con el fin de proporcionar una comprensión completa de la presente invención. Sin embargo, será evidente para los expertos en la técnica que la presente invención puede ponerse en práctica en otras realizaciones que se apartan de estos detalles específicos. Es decir, los expertos en la técnica serán capaces de idear diversas disposiciones que, aunque no se describe o se muestran explícitamente en el presente documento, encarnan los principios de la invención y se incluyen dentro de su espíritu y alcance. En algunos casos, las descripciones detalladas de los bien conocidos dispositivos, circuitos y métodos se omiten para no oscurecer la descripción de la presente invención con detalles innecesarios. Todas las declaraciones en este documento que enumeran principios, aspectos y realizaciones de la invención, así como ejemplos específicos de la misma, pretenden abarcar tanto equivalentes estructurales como funcionales de los mismos. Adicionalmente, se pretende que tales equivalentes incluyan tanto los equivalentes actualmente conocidos, así como equivalentes desarrollados en el futuro, es decir, cualquier elemento desarrollado que realice la misma función, independientemente de la estructura.

65 Así, por ejemplo, se apreciará por los expertos en la materia que los diagramas de bloque en este documento puedan representar vistas conceptuales de circuitos ilustrativos u otras unidades funcionales que incorporan los principios de la tecnología. Del mismo modo, se apreciará que cualquier diagrama de flujo, diagramas de transición de estado, pseudocódigo, y similares representan diversos procesos que pueden estar representados sustancialmente en un medio legible por ordenador y así ejecutados por un ordenador o procesador, sean

mostrados o no tales ordenador o procesador explícitamente.

Las funciones de los diversos elementos que incluyen bloques funcionales, incluyendo pero no limitado a los etiquetados o descritos como "equipo", "procesador" o "controlador", se pueden proporcionar a través de la utilización de equipo físico, tales como equipo físico de circuitos y/o equipo físico capaz de ejecutar equipo lógico en la forma de instrucciones codificadas almacenadas en medio legible por ordenador. Por lo tanto, tales funciones y los bloques funcionales ilustrados han de entenderse como que son implementados en equipo físico y/o implementados en ordenador, y por lo tanto implementados por máquina.

En términos de implementación de equipo físico, los bloques funcionales pueden incluir o abarcar, sin limitación, equipo físico de procesador de señal digital (DSP), procesador de sistema de instrucción reducido, circuitos de equipo físico (por ejemplo, digital o analógico) incluyendo pero no limitado al circuito o circuitos integrados específicos de aplicación [ASIC], y (cuando sea apropiado) máquinas de estado capaces de realizar tales funciones.

En términos de aplicación de ordenador, un ordenador se entiende generalmente que comprender uno o más procesadores o uno o más controladores, y los términos ordenador y procesador y controlador se puede emplear indistintamente en este documento. Cuando se proporcionan por un ordenador o procesador o controlador, las funciones pueden ser proporcionadas por un solo ordenador o procesador o controlador dedicado, por una computadora compartida única o procesador o controlador, o por una pluralidad de equipos individuales o procesadores o controladores, algunos de los cuales pueden ser compartidos o distribuidos. Por otra parte, el uso del término "procesador" o "controlador" también será interpretado para referirse a otro equipo físico capaz de realizar tales funciones y/o la ejecución de equipo lógico, como el equipo físico de ejemplo indicado anteriormente.

La figura 1 muestra porciones de una red 20 de acceso radio heterogénea, y particularmente la macrocélula 22 que es servida por la macro estación base 24. Una o más micro estaciones base 26 están situadas dentro o cerca de la macrocélula 22. Cada micro estación base sirve a una microcélula correspondiente 28. Las macro y micro estaciones base se comunican por una interfaz aérea o de radio con uno o más terminales inalámbricos, también conocidos como unidades de equipo de usuario (los UE). Uno de tales terminales inalámbrico representativo (UE) 30 se muestra y se coloca de manera arbitraria en la figura 1.

Como se usa en el presente documento, la terminología "micro estación base" ha de entenderse lo más ampliamente que abarca cualquier tipo de estación que funciona a través de una interfaz de radio o aire tanto en enlace descendente (DL) como enlace ascendente (UL) y tiene alcance de transmisión que es menor (por ejemplo, en rango geográfico o potencia) o subordinado (por ejemplo, delegado desde/por) a una macro estación base. De manera correspondiente la terminología "microcélula" se refiere a cualquier territorio o área de cobertura celular servido por tal micro estación base en sentido amplio. En otras palabras, una macro estación base tiene al menos una potencia de transmisión nominal más alta y un área de cobertura mayor que una micro estación base. Ejemplos de tipos de células y estaciones base abarcados por la terminología "microcélula" y "micro estación base" se ilustran en la figura 2 incluyendo picocélulas y pico estaciones base, femtocélulas (que pueden existir en un clúster femto) y femto estaciones base, y estaciones base de relé. Las macro estaciones base están normalmente separadas por distancias del orden de kilómetros, y por lo tanto el radio de las macrocélulas es también del orden de kilómetros. Por otra parte, las micro estaciones base están normalmente separadas por distancias del orden de unos pocos cientos de metros (por ejemplo, 100-200 metros, y en algunos casos 500), y por lo tanto el radio de las microcélulas también está en el orden de unos pocos cientos de metros.

Como posteriormente será más apreciado, la figura 1 y la figura 2 muestran sólo una macrocélula 22 de la red 20 de acceso radio heterogénea. Normalmente, una red de acceso radio heterogénea comprende múltiples (por ejemplo, decenas) macrocélulas. Además, en algunas redes de acceso radio heterogéneas el funcionamiento de las macro estaciones base para las macrocélulas y las micro estaciones base para las microcélulas puede ser coordinado, en particular en un sistema multipunto coordinado (COMP). En la arquitectura CoMP una colección de células (por ejemplo, subcélulas) puede estar conectada a un nodo central que coordina la transmisión/recepción de señales de usuario para mitigar la interferencia entre las subcélulas más pequeñas. La arquitectura CoMP se entiende en referencia a, por ejemplo, la solicitud de patente de Estados Unidos 12/563589, titulada *Inter-Cell Interference Mitigation*, también publicada como publicación de patente de Estados Unidos US 2010/0261493, que se incorpora aquí por referencia en su totalidad.

Como se mencionó anteriormente, un "terminal inalámbrico" como terminal inalámbrico (UE) 30 abarca estaciones móviles o unidades de equipo de usuario (UE) como los teléfonos móviles (teléfonos "celulares") y ordenadores portátiles con capacidad inalámbrica, por ejemplo, la terminación móvil, y por lo tanto puede ser, por ejemplo, dispositivos portátiles, de bolsillo, de mano, incluidos en el ordenador, o móviles montados en coches que comunican voz y/o datos con red de acceso radio. En algunas realizaciones de ejemplo un terminal inalámbrico no tiene que ser móvil sino que puede ser fijo.

La información se transmite normalmente a través de la interfaz de aire entre las estaciones base y el terminal inalámbrico en tramas. De hecho, en algunas tecnologías de acceso de radio una trama comprende normalmente múltiples subtramas, con cada una de las subtramas siendo formateadas de manera similar y de una manera

entendida tanto por la estación base como por los terminales inalámbricos. Las tramas y subtramas se formatean de manera que las macro y micro estaciones de base, por un lado, y los terminales inalámbricos 30, por otro lado, sepan qué tipo de información esperar en diferentes porciones de los campos de la trama/subtrama. En algunas tecnologías de acceso radio, una subtrama se conceptualiza como que comprende una matriz de dos dimensiones o "red de recursos" de los elementos de recursos (RE), siendo dispuestos los elementos de recursos en orden de símbolo a lo largo de una primera dirección (horizontal) (definida, por ejemplo, por el tiempo [división de tiempo]) y de acuerdo con la subportadora de frecuencia a lo largo de una segunda dirección (vertical) (definida, por ejemplo, por la frecuencia [división de frecuencia]). Con respecto a la primera o dirección los símbolos se pueden agrupar en las ranuras, por ejemplo, seis o siete símbolos pueden comprender una ranura de la subtrama, con la subtrama comprendiendo múltiples (por ejemplo, dos) ranuras. Al menos algunos conjuntos de elementos de recursos de la subtrama se asignan generalmente para servir como "canales", con algunos de los canales siendo usados para la transmisión de información de control, mientras que otros canales se usan para la transmisión de datos de usuario. Además, en algunas tecnologías de acceso radio algunos canales de la subtrama se asignan para la transmisión en un enlace descendente (DL) [en una dirección desde una estación base a un terminal inalámbrico], mientras que otros canales de la subtrama pueden ser asignados para la transmisión en un enlace ascendente (por ejemplo, en una dirección desde un terminal inalámbrico a una estación base).

En una manera de comprender y abarcar todo lo anterior, la figura 1 ilustra una transmisión de la subtrama 32 sobre la interfaz de aire entre una estación base y un terminal inalámbrico. La terminología "subtrama" como aquí se utiliza ha de entenderse como que abarca cualquier unidad de información de formato repetitivo o predefinido, y por lo tanto ha de entenderse como que es aplicable a, por ejemplo, una trama, así como a una subtrama. En vista de la naturaleza heterogénea de la red 20 y la inclusión de las redes de ambas macro y micro estaciones base, la figura 1 ilustra, además, que las transmisiones de radio en la red 20 se producen tanto en una macrocapa como una microcapa. En particular, la macro estación base 24 intercambia subtramas con uno o más terminales inalámbricos en la macrocapa, mientras que las micro estaciones base 26 intercambian subtramas con uno o más terminales inalámbricos en la microcapa. La representación en la figura 1 de la estratificación de la macrocapa y la microcapa es simplemente para ilustrar la delimitación de las dos capas, y no impone necesariamente ninguna característica geográfica o territorial o restricciones con respecto a cualquier capa.

La figura 3 muestra una red 20 de acceso radio heterogénea de ejemplo que comprende múltiples macrocélulas, por ejemplo, macrocélulas 22₁ a través de macrocélulas 22₃. Una vez más, se apreciará que un número menor o mayor de macrocélulas puede ser incluido en la red 20 de acceso radio heterogénea. Cada macrocélula es servida por una macro estación base correspondiente, de modo que la macro estación base 24₁ hasta la 24₃ se muestran para la respectiva macrocélula 22₁ a través de la macrocélula 22₃. La figura 3 ilustra además que dos microcélulas se sitúan dentro de cada macrocélula, por ejemplo, la microcélula 28₁₋₁ y la microcélula 28₁₋₂ dentro de la macrocélula 22₁; la microcélula 28₂₋₁ y la microcélula 28₂₋₂ dentro de la macrocélula 22₂; y la microcélula 28₃₋₁ y la microcélula 28₃₋₂ dentro de la macrocélula 22₃. El diseño general de la red 20 de acceso radio heterogénea de ejemplo de la figura 3 sirve como una plantilla básica para ilustrar diversas estrategias de asignación de recursos de la tecnología divulgada en este documento.

Además, debe entenderse que las ilustraciones de la figura 1, la figura 2 y la figura 3 con sólo dos macrocélulas y dos micro estaciones base y sus respectivas localizaciones dentro o cerca de la macrocélula no es limitativo, puesto que una macrocélula podría abarcar una o más de dos microcélulas y tales microcélulas puede ser diversamente y no uniformemente dispuestas desde una macrocélula a otra, dependiendo de las condiciones de utilización geográfica y necesidad del tráfico.

En uno de sus aspectos, la tecnología divulgada en el presente documento se refiere a diversos ejemplos de realización de los nodos de estación base de una red de acceso radio heterogénea. Estos nodos de estación base, también referidos como "estaciones base", son a veces referidos colectiva e individualmente en los dibujos como "BS". Como se ilustra en la figura 1, la red 20 de acceso radio heterogénea comprende una macrocapa (que incluye al menos una macrocélula servida por una macro estación base) y una microcapa (que incluye al menos una microcélula servida por una micro estación base). Algunas realizaciones de ejemplo de los nodos de la estación base descritas en este documento son las estaciones base que sirven a macrocélulas; otras realizaciones de ejemplo de los nodos de la estación base descritas en este documento son las estaciones base que sirven a microcélulas.

La figura 4 muestra una realización de ejemplo de un nodo de estación base BS genérico. La representación genérica de la estación base BS en la figura 4 es para ilustrar ciertas características y funcionalidades de la estación base sin tener en cuenta si la estación base pasa a ser una macro estación base que sirve a una macro estación base 24 o una estación base 26 que sirve a una microcélula 28. En otras palabras, la figura 4 muestra las unidades y funcionalidades que son pertinentes a la tecnología divulgada en el presente documento y común a ambas macro estaciones base y micro estaciones base abarcadas por el presente documento. En el ejemplo de la figura 4, la estación base BS comprende localizador 34 de terminal, programador 36, e interfaz 38 de comunicaciones. La estación base BS normalmente incluye otras unidades y funcionalidades conocidas por la persona experta en la técnica.

Como se explica en el presente documento, el localizador 34 de terminal de la estación base BS obtiene una indicación de la localización de un terminal inalámbrico 30 en una célula servida por la estación base. Por ejemplo, la localización del terminal puede determinar si el terminal inalámbrico está en una región central o una región de borde para la célula servida por el nodo de estación base, como se explica en el presente documento, por ejemplo, con referencia a la figura 6.

El programador 36 de una estación base BS tiene muchas funciones, incluyendo la asignación de los recursos (por ejemplo, los recursos de una red de recursos) para su uso en la comunicación entre la estación base BS y los terminales inalámbricos 30 que son servidos por la estación base BS. El programador 36 normalmente asigna recursos para su uso tanto en un enlace descendente (DL) desde la estación base BS a un terminal inalámbrico 30, así como los recursos para su uso en el enlace ascendente (UL) desde el terminal inalámbrico (UE) 30 a la estación base BS. Tales recursos pueden incluir o ser descritos por una o más frecuencias (por ejemplo, subportadoras) y uno o más intervalos de tiempo. Tal como se entiende en la técnica, algunos de los recursos pueden ser asignados o asociados a determinados canales. Varios canales pueden tener diferentes nombres o propósitos de acuerdo con diferentes convenciones o normas. Las diversas convenciones o normas normalmente definen los mensajes en los que las concesiones de los recursos asignados se comunican a los terminales inalámbricos.

De acuerdo con la tecnología divulgada en el presente documento, el programador 36 usa la indicación de localización (como se determina por el localizador 34 de terminal) para asignar, al terminal inalámbrico, una "frecuencia" del ancho de banda de frecuencia utilizable por la red de acceso radio heterogénea. Como se ilustra por numerosas realizaciones aquí descritas, el programador 36 (también conocido como un programador particionado consciente de localización) está particularmente configurado para asignar una frecuencia a partir de una porción particionada del ancho de banda de frecuencia si la célula servida por el nodo de estación base es una microcélula y el terminal inalámbrico se encuentra en una región de borde de una microcélula. El programador 36 también está configurado para asignar una frecuencia del ancho de banda de frecuencia si la célula servida por el nodo de estación base es una microcélula y el terminal inalámbrico está en una porción central de la microcélula. La asignación de frecuencia a un terminal inalámbrico en una porción central de una célula puede ser por diferentes criterios que la de un terminal inalámbrico en una porción de borde de célula. Por ejemplo, la micro estación base puede asignar una frecuencia del ancho de banda de frecuencia sin tener en cuenta la porción particionada (por ejemplo, en cualquier frecuencia adecuada en el ancho de banda de frecuencia y sin restricción de la porción particionada) si el terminal inalámbrico está en una porción central de la microcélula.

La porción particionada del ancho de banda de frecuencia a la que un programador 36 asigna un terminal inalámbrico en el presente documento también se conoce como la subbanda de prioridad para la célula servida por la estación base a la que pertenece el programador. Por lo tanto, mediante la asignación de dispositivos transceptores de borde de célula a su subbanda priorizada, una estación base de servicio tanto los protege de la interferencia como evita causar demasiada interferencia en los dispositivos de transceptor de borde de célula de las células adyacentes que asignan sus dispositivos transceptores sensibles a las subbandas priorizadas respectivas también.

El programador 36 también está configurado para asignar una frecuencia del ancho de banda de frecuencia si la célula servida por el nodo de estación base es una macrocélula y el terminal inalámbrico está al menos en una porción central de la macrocélula o no interfiere sustancialmente con una microcélula. En algunas realizaciones, el programador 36 está configurado para asignar una frecuencia del ancho de banda de frecuencia por diferentes criterios que el usado para un terminal inalámbrico de borde. Por ejemplo, en algunas realizaciones, el programador 36 está configurado para asignar una frecuencia del ancho de banda de frecuencia sin tener en cuenta la porción particionada si la célula servida por el nodo de estación base es una macrocélula y el terminal inalámbrico está al menos en una porción central de la macrocélula o no interfiere sustancialmente con una microcélula.

Tal como se usa en el presente documento una "frecuencia" del ancho de banda de frecuencia utilizable por la red de acceso radio heterogénea y asignada por el programador 36 puede ser una o más portadoras de frecuencia (por ejemplo, subportadoras o subbanda) u otro recurso(s) de frecuencia que utilizan o se describen con referencia a un espectro de frecuencias de radio. El término singular "frecuencia" se emplea sólo para simplificar, se entiende que normalmente la "frecuencia" asignada se refiere a múltiples frecuencias (por ejemplo, subportadoras), que pueden o no ser frecuencias consecutivas en el espectro de frecuencias. Los bloques de recursos integrados por varias subportadoras (12 para LTE) no tienen que ser asignados de forma consecutiva. Sin embargo, las subportadoras dentro de un bloque de recursos tienen que ser empleadas todas de forma consecutiva.

Tal como se usa en el presente documento, una "partición" o "porción particionada" es menor que todo el ancho de banda de frecuencia utilizable por la red de acceso radio heterogénea. De acuerdo con la tecnología divulgada en el presente documento el ancho de banda de frecuencia usada por la red de acceso radio heterogénea normalmente se divide en múltiples particiones, por ejemplo, al menos una partición primera y una partición segunda. Por lo tanto, una partición o particiones pueden ser parte de un subconjunto (por ejemplo, una o más frecuencias o subportadoras) del ancho de banda de frecuencia utilizable por la red de acceso radio heterogénea, y puede comprender una de las múltiples particiones del ancho de banda de frecuencia. Siendo asignada una frecuencia de una porción particionada significa que un terminal inalámbrico no es elegible para tener una asignación de

frecuencia de todas las frecuencias del ancho de banda utilizable por la red de acceso radio heterogénea. Por lo tanto, en el contexto de la norma LTE, por ejemplo, una partición o "porción particionada" puede ser una pluralidad de subportadoras o bloques de recursos. Una frecuencia o un "subbanda" pueden ser cualquier porción espectral continua o discontinua que tiene límites bien definidos y que está asociada con una o más células (o una o más BS).
 5 Las asociaciones entre las subbandas y células o BS pueden ser estáticamente determinadas o, alternativamente, pueden ser definidas de forma dinámica.

También debe entenderse que la "frecuencia" asignada por el programador 36 puede ser o bien para los propósitos del enlace descendente (DL) o el enlace ascendente (UL), aunque en algunos escenarios de ejemplo ilustrados en el
 10 presente documento la frecuencia asignada por el programador 36 es principalmente para el enlace ascendente (UL).

La interfaz 38 de comunicaciones facilita la comunicación entre la estación base BS y el terminal inalámbrico (UE) 30 a través de una interfaz de radio o aire. Dicha comunicación podrá emplear la trama y/o subtrama 32, como antes se
 15 ha mencionado. La subtrama en sí es descrita por diversos recursos asignados por el programador 36. La interfaz 38 de comunicaciones puede comprender o conectarse a uno o varios elementos de antena en función del tipo de tecnología utilizada.

En algunas realizaciones de ejemplo un enlace de comunicación se proporciona entre un nodo de macro estación base 24 y un nodo de micro estación base 26. Específicamente, un enlace de comunicación de interprocesador puede ser proporcionado. Este enlace de comunicación permite el intercambio de información sobre las respectivas subbandas asociadas con la macrocélula y la microcélula. Además, los procedimientos de negociación de subbandas se pueden realizar a través de este enlace de comunicación entre el nodo de macro estación base y el
 20 nodo de micro estación base. Tal comunicación entre el nodo de macro estación base y el nodo de micro estación base puede ser a través de un enlace de comunicación puede estar basada en la interfaz X2 como se define, por ejemplo, para la liberación de LTE 8 (véase 3GPP TS 36.423, acceso de radio terrestre universal evolucionado (E-UTRA), protocolo de aplicación X2 (X2AP)). Específicamente, cualquiera de los elementos de información (los IE) intercambiados a través de la interfaz X2 se pueden usar para los propósitos de señalización de subbanda, incluyendo el indicador de sobrecarga (OI) y la indicación de alta interferencia (HII).
 25 30

La figura 5 muestra una realización de ejemplo de la estructura básica de un terminal inalámbrico (UE) 30. Entre sus otras unidades y funcionalidades (conocidas por la persona experta en la técnica), el terminal inalámbrico (UE) 30 de la figura 5 comprende la unidad 40 de medición; el programador 42; y la interfaz 44 de comunicaciones. La unidad 40 de medición realiza las mediciones que se informan a través de la interfaz 44 de comunicaciones por la interfaz
 35 de radio de la estación base BS. Las mediciones obtenidas por la unidad 40 de medición permiten al localizador 34 de terminal de la estación base BS determinar la localización del terminal inalámbrico 30, de modo que el localizador 34 de terminal puede determinar si el terminal inalámbrico (UE) 30 está en una región central M o una región R de borde de una célula servida por la estación base BS.

Se mencionó anteriormente que el localizador 34 de terminal obtiene una indicación de la localización de un terminal inalámbrico 30. Como se usa en este documento "localización" de un terminal inalámbrico se refiere a la localización geográfica, por ejemplo, si el terminal inalámbrico está en una región central o una región de borde para la célula servida por el nodo de estación base. La figura 6 ilustra una célula C genérica como que es dividida en la región central o media M y la región de borde E. En la figura 6 (como en varias otras figuras) la región central M de la célula C se muestra mediante punteado (por ejemplo, textura de puntos). Para la situación particular mostrada en la figura
 40 45 6 (pero no necesariamente en todas las demás figuras) la región de borde E se representa por la eclosión horizontal.

Una o más métricas se pueden emplear para determinar si un terminal inalámbrico (UE) 30 está en una región central M de una célula o una región E de borde de una célula. Por ejemplo, una señal de relación de interferencia/ruido (SINR) puede ser evaluada para determinar si el terminal inalámbrico (UE) 30 está en una región central M de una célula o una región E de borde de una célula. En este sentido, un valor SINR se mide por la unidad 40 de medición y se reporta a través de la interfaz 44 de comunicaciones desde el terminal inalámbrico (UE) 30 a la estación base BS. El localizador 34 de terminal de la estación base BS recibe el valor SINR informado por el terminal inalámbrico (UE) 30 y hace una determinación de si el terminal inalámbrico de informes está en una región central M
 50 55 de la célula servida por la estación base o en una región E de borde de la célula servida por la estación base. Un valor SINR que es inferior a un valor o umbral predeterminado puede ser considerado por el localizador 34 de terminal de la estación base BS para ser indicativo del terminal inalámbrico que está en la región central M de una célula, mientras que por el contrario un valor SINR superior al valor o umbral predeterminado puede ser indicativo de que el terminal inalámbrico está en la región E de borde de una célula.

SINR se deriva normalmente de una medición de potencia recibida de señal de referencia (RSRP) y un indicador de intensidad de señal recibida (RSSI). Por lo tanto un terminal inalámbrico puede medir la potencia recibida de señal de referencia (RSRP) para obtener una estimación de potencia de la señal, y luego evaluar (por ejemplo, medir) otra métrica tal como la intensidad de señal recibida (RSSI) y mirar la potencia de señal recibida total, que puede
 60 65 proporcionar una estimación de la interferencia.

Otra métrica puede ser la pérdida de propagación. En este sentido, una estimación de la distancia del terminal inalámbrico de la estación base puede estar relacionado con la pérdida de propagación basado en tiempo de retraso entre el terminal inalámbrico y la estación base de la señal recibida. Por lo tanto, uno o más (por ejemplo, una combinación) de estas métricas pueden compararse con un valor o umbral predeterminado para determinar si el terminal inalámbrico está en la región central M de una célula o la región E de borde de una célula.

Basándose en las mediciones realizadas, por ejemplo, por unidad 40 de medición, un terminal inalámbrico (UE) 30 normalmente proporciona retroalimentación con respecto a una célula para la cual el terminal inalámbrico (UE) 30 está recibiendo la mejor SINR. Si no está ya en esa mejor célula, la red normalmente ordena que un traspaso (HO) se realice de modo que el terminal inalámbrico es "traspasado" a la mejor célula, de modo que la mejor célula puede servir como la célula de servicio para el terminal inalámbrico. Las decisiones de planificación (por ejemplo, las asignaciones de recursos) para el terminal inalámbrico (UE) 30 se hacen con respecto a la célula de servicio, por ejemplo, por la estación base de la célula de servicio.

Así, un terminal inalámbrico (UE) 30 particular puede indicar cuando el terminal inalámbrico considera que debe producirse un traspaso (HO), pero depende de la red hacer el traspaso (HO) o asignación y de una célula de servicio que la red cree que es la célula más fuerte para el terminal inalámbrico. La célula de servicio podría ser una macrocélula o una microcélula. Una vez asignada a una célula de servicio, la planificación de la célula de servicio (tanto si es una macrocélula como una microcélula) toma decisiones sobre qué recursos hay que asignar.

La tecnología divulgada en este documento se refiere a cómo se toman esas decisiones y proporciona diversas técnicas y estrategias para la asignación de los recursos de frecuencias para una red de acceso radio heterogénea. Como se explica en el presente documento, las técnicas y estrategias para la asignación de los recursos de frecuencia depende de donde el terminal inalámbrico está en la célula de servicio, por ejemplo, si el terminal inalámbrico está en una región central de la célula de servicio o la región E de borde de la célula de servicio (véase la figura 6). Un concepto básico de la tecnología divulgada en este documento es incorporar la asignación de los recursos de frecuencia entre las macro y micro estaciones base como parte de un esquema de reutilización de frecuencia fraccional.

Para implementar la coordinación de interferencia intercelular basada en FFR (ICIC) en una red de comunicaciones celular implementada heterogéneamente que comprende dos o más capas de células, los recursos espectrales continuos o discontinuos disponibles para transmisiones UL son particionados en al menos dos subbandas. La figura 3A ilustra tal partición en una subbanda "priorizada" primera asociada con una o más células de una capa de célula primera (por ejemplo, macrocapa de célula) y una subbanda "priorizada" segunda asociada con una o más células de una capa de célula segundo (por ejemplo, microcapa de célula). Como se hace evidente a partir de la figura 3A, los dos subbandas son disyuntivas entre sí, lo que significa que no hay (o al menos no considerable) solapamiento espectral entre las dos subbandas. Se apreciará que para cada capa de células adicional, una subbanda "priorizado" adicional dedicada será añadida. En una implementación de red de ejemplo con tres capas de células, el ancho de banda de transmisión de enlace ascendente disponible de este modo se dividirá en tres subbandas, y así sucesivamente.

En uno de sus aspectos, la tecnología divulgada en el presente documento se refiere a un método de funcionamiento de una red de acceso radio heterogénea, tal como el ilustrado a modo de ejemplo en la figura 1-figura 6. La figura 7 ilustra actos o etapas básicos representativos realizados de modo genérico del método. La ley 7-1 comprende la división de un ancho de banda de frecuencia utilizable por la red de acceso radio heterogénea en una porción particionado (que es menor que todo el ancho de banda). Como simplemente ilustra en la figura 8 y la figura 9, el ancho de banda de frecuencia utilizable por la red de acceso radio heterogénea se podrá dividir (como se indica por la línea discontinua S) en múltiples particiones, por ejemplo, partición primera P1 y segunda P2 partición en el ejemplo de la figura 8 y la figura 9. Como se señaló anteriormente, una partición o porción particiones pueden ser un subconjunto (por ejemplo, una o más frecuencias o subportadoras) del ancho de banda de frecuencia utilizable por la red de acceso radio heterogénea. Un plan de partición (PP) describe la manera en que el ancho de banda de frecuencia utilizable por la red de acceso radio heterogénea se divide en sus múltiples particiones. El plan de partición (PP) se distribuye o no proporcionado a los múltiples nodos de estación base de la red heterogénea de acceso de radio 20, por ejemplo, a los nodos de macro estación base y a los nodos de micro estación base.

En una realización y modo ilustrado por la figura 8, el acto 7-1 se puede producir en un nodo central o nodo de gestión de la red 20 de acceso radio heterogénea, tal como nodo 50 de gestión ilustrado en la figura 8. Por ejemplo, en una realización de ejemplo un divisor 52 de espectro de frecuencia (por ejemplo, particionador) puede estar configurado para dividir el ancho de banda de frecuencia utilizable por la red de acceso radio heterogénea en las múltiples particiones basándose ya sea en la entrada de usuario directa o por criterios desde los que el procesador u ordenador determina cómo crear el plan de partición y por lo tanto la mejor manera de separar o dividir el ancho de banda de frecuencia. El divisor de espectro de frecuencia o particionador 52 del nodo 50 de gestión pueden ser implementado por un procesador u ordenador de nodo 50 de gestión. En tal realización de ejemplo en el que el nodo 50 de gestión divide el ancho de banda de frecuencia, el plan de partición puede ser descargado desde el nodo 50 de gestión a las múltiples estaciones base de la red 20 de acceso radio heterogénea como se representa por las flechas D en la figura 8.

En otra realización y modo ilustrado por la figura 9, el acto 7-1 de dividir el ancho de banda de frecuencia utilizable por la red de acceso radio heterogénea en una porción particionada comprende cargar el plan de partición en los nodos de estación base de la red 20 de acceso radio heterogénea. En otras palabras, el plan de partición preconfigurado puede ser almacenado o cargado en los múltiples nodos de estaciones base de la red 20 de acceso radio heterogénea, ya sea mediante la descarga u otra entrada (por ejemplo, directa) en el programador 36 de los múltiples nodos de estaciones base.

El acto 7-2 y el acto 7-3 se realizan principalmente por los nodos de estación base de la red 20 de acceso radio heterogénea. El acto 7-2, que puede ser realizado por un programador 36 de un nodo de micro estación base, comprende asignar una frecuencia de la porción particionada a un terminal inalámbrico en una región de borde de microcélula. El acto 7-3 puede ser realizado por un nodo de micro estación base de la red 20 de acceso radio heterogénea. El acto 7-3 comprende asignar una frecuencia del ancho de banda de frecuencia a un terminal inalámbrico que está en una región central de la microcélula. La asignación de frecuencias a los terminales inalámbricos en la región central de una microcélula se realiza por la micro estación base que sirve al terminal inalámbrico. La asignación de frecuencia a un terminal inalámbrico en una porción central de una célula puede ser por diferentes criterios la de un terminal inalámbrico en una porción de borde de célula. Por ejemplo, la micro estación base puede asignar una frecuencia del ancho de banda de frecuencia sin tener en cuenta la porción particionada (por ejemplo, en cualquier frecuencia adecuada en el ancho de banda de frecuencia y sin restricción de la porción particionada) si el terminal inalámbrico está en una porción central de la microcélula.

La figura 7A ilustra una versión mejorada del método de la figura 7 que incluye el acto 7-4, además del acto 7-1, el acto 7-2, y el acto 7-3. El acto 7-4 comprende asignar una frecuencia del ancho de banda de frecuencia si la célula servida por el nodo de estación base es una macrocélula y el terminal inalámbrico está en una porción central de la macrocélula o no interfiere sustancialmente con una microcélula. La asignación de frecuencias a terminales inalámbricos que están al menos dentro de una región central de la macrocélula se realiza mediante un programador 36 del nodo de macro estación base que sirve al terminal inalámbrico. Por ejemplo, para el acto 7-4 la frecuencia puede ser asignada por criterios diferentes, por ejemplo, sin tener en cuenta la porción particionada, de modo que la asignación puede ser esencialmente en cualquier lugar dentro del ancho de banda de frecuencia sin estar limitado a la porción particionada.

La fraseología "al menos dentro de una región central" se emplea de manera que se entenderá que el método genérico de la figura 7 cubre algunas realizaciones en las que sólo terminales inalámbricos en la región central se asignan realmente frecuencias sin tener en cuenta la partición (por ejemplo, asignada cualquier frecuencia de todo el ancho de banda de frecuencia utilizable por la red de acceso radio heterogénea), y también cubre algunas realizaciones en las que no sólo hay terminales inalámbricos en la región central realmente se asignan frecuencias sin tener en cuenta la partición, sino que los terminales inalámbricos en otras regiones de la célula (por ejemplo, incluso en una región de borde de la célula) pueden ser asignados sin tener en cuenta la partición.

La figura 7B muestra un modo más detallado del método básico de la figura 7. El modo de la figura 7B incluye además el rendimiento del acto -1B, preferiblemente antes del acto 7-2. El acto 7-1B es realizado por un nodo de estación base de la red 20 de acceso radio heterogénea (ya sea un nodo de macro estación base o un nodo de micro estación base). El acto 7-1B se puede realizar para cada terminal inalámbrico en la red de acceso radio heterogénea, y para cada terminal inalámbrico se realiza por la estación base de la célula de servicio para el terminal inalámbrico. El acto 7-1B comprende determinar si el terminal inalámbrico está en la región central o la región del borde de microcélula. El localizador 34 de terminal de la estación base puede hacer la determinación del acto 7-1B basándose, por ejemplo, en las mediciones recibidas desde el terminal inalámbrico. En otros aspectos, el modo de la figura 7B se asemeja al modo básico de la figura 7, incluyendo el acto 7-1, el acto 7-2, y el acto 7-3.

La figura 7C muestra otro modo más detallado del método básico de la figura 7. En el modo de la figura 7C, el acto 7-1 (C) comprende dividir el ancho de banda de frecuencia utilizable por la red de acceso radio heterogénea en múltiples porciones particionadas (cada una de las cuales es menor que todo el ancho de banda). La división del ancho de banda de frecuencia en particiones se entiende a partir de la discusión anterior de la figura 8, y puede ser realizada por un nodo de control o gestión de la red 20 de acceso radio heterogénea o mediante la carga de un plan de partición pre-configurado en los nodos de estación base de la red 20 de acceso radio heterogénea.

El acto 7-2 (C) comprende asignar frecuencias de las porciones particionadas a terminales inalámbricos en una región de borde de macrocélula y terminales inalámbricos en una región de borde de microcélula. El acto 7-2 (C) se realiza mediante un programador 36 de un nodo de micro estación base para los terminales inalámbricos en una región de borde de una microcélula, y se realiza mediante un programador 36 de una macro estación base para terminales inalámbricos en una región de borde de una macrocélula. Siendo asignada una frecuencia de una porción particionada, el terminal inalámbrico no es capaz de ser asignada una frecuencia desde todo el ancho de banda de frecuencia sin tener en cuenta la partición. En otras palabras, la asignación de frecuencia para el terminal inalámbrico está restringida a una de las múltiples particiones y por lo tanto todo el espectro de frecuencias no es elegible para la asignación.

Como en el método genérico, el acto 7-3 comprende asignar una frecuencia del ancho de banda de frecuencia a un terminal inalámbrico que está en una región central de la microcélula o al menos dentro de una región central de la macrocélula. En algunas realizaciones de ejemplo de la asignación del acto 7-3 puede ser sin tener en cuenta la porción o porciones particionadas.

El modo de la figura 7C también se ilustra y se amplía mediante por ejemplo varios modos y realizaciones descritos a continuación.

Se apreciará que la mejora del acto 7-4 de la figura 7A también puede realizarse en conjunción con los métodos de la figura 7B y la figura 7C.

El método básico de la figura 7, y los métodos adicionales de la figura 7A, la figura 7B, y la figura 7C, se ilustran y amplían por las estrategias de asignación de recursos de los distintos modos y realizaciones de ejemplo descritos a continuación.

La figura 10A ilustra una estrategia de asignación de recursos en la que (como en el método genérico de la figura 7) los terminales inalámbricos de "centro de la célula", ya sea en el centro de una macrocélula o el centro de una microcélula, se asignan a cualquier frecuencia de la banda de frecuencia (por ejemplo, se les asigna una frecuencia, por ejemplo, sin tener en cuenta la partición del plan de partición). La figura 10A muestra además que los terminales inalámbricos en una región E de borde de una macrocélula y los terminales inalámbricos en una región E de borde de una microcélula se asignan para separar las particiones de frecuencias para minimizar la interferencia entre los terminales inalámbricos de microcélulas y los terminales inalámbricos en la región E de borde de una macrocélula.

Así, en la realización de ejemplo ilustrada en la figura 10A el programador 36 de un nodo de macro estación base está configurado para asignar una frecuencia a partir de una partición primera (la partición izquierda de la figura 10A) al terminal inalámbrico que sirve si el terminal inalámbrico está en una región de borde de una macrocélula servida por el nodo de macro estación base. Por ejemplo, el programador 36 de nodo de macro estación base 24₁ asigna una frecuencia desde la partición primera (partición izquierda de la figura 10A) al terminal inalámbrico en la región de borde 54₁.

Por otro lado, el programador 36 de un nodo de micro estación base está configurado para asignar una frecuencia desde la partición segunda (la partición derecha de la figura 9) al terminal inalámbrico que sirve si el terminal inalámbrico está en una región de borde de una microcélula servida por el nodo de micro estación base.

Se da la circunstancia, en el ejemplo de realización de la figura 10A que los múltiples nodos de estaciones base asignan frecuencias desde la misma partición (la partición izquierda de la figura 10A) a los terminales inalámbricos en sus regiones 54 de borde. Por ejemplo, la macro estación base 24₁ asigna frecuencias desde la partición izquierda de la figura 10A a terminales inalámbricos en la región 54₁ de borde; la macro estación base 24₂ asigna frecuencias desde la partición izquierda de la figura 10A a terminales inalámbricos en la región 54₂ de borde; etcétera. Del mismo modo, todas las micro estaciones base, independientemente de en qué macrocélula residen, asignan frecuencias desde la partición derecha de la figura 10A a los terminales inalámbricos en sus respectivas regiones de borde.

La figura 10B muestra actos o etapas representativos de ejemplo implicados en un método de funcionamiento de una red de acceso radio heterogénea de acuerdo con la estrategia de la figura 10A. El acto 7-1 (9) comprende dividir el ancho de banda de frecuencia utilizable por la red de acceso radio heterogénea en múltiples particiones. El acto 7-2.1 (10) comprende asignar una frecuencia desde una partición primera al terminal o terminales inalámbricos en una región de borde de la macrocélula servida por la macro estación base que realiza el acto. El acto 7-2.1 (10) es realizado por un programador 36 de la macrocélula servido por la macro estación base que realiza el acto. El acto 7-2.2 (10) comprende asignar una frecuencia de una partición segunda al terminal o terminales inalámbricos en una región de borde de microcélula. El acto 7-2.2 (10) se realiza mediante un programador 36 de la microcélula servido por la micro estación base que realiza el acto. Como en el método básico, el acto 7-3 comprende asignar una frecuencia del ancho de banda de frecuencia a un terminal inalámbrico que está en una región central de la microcélula o al menos dentro de una región central de la macrocélula.

La figura 11A y la figura 12A ilustran dos realizaciones adicionales en las que se aplica la reutilización de frecuencia fraccional (FFR), tanto dentro de una macrocélula para el centro de la célula y los usuarios de borde de célula, así como entre las microcélulas. La figura 11A y la figura 12A por lo tanto ilustran otras estrategias de asignación de recursos, y en particular estrategias en las que el programador 36 de una macro estación base está configurado para asignar una frecuencia desde una seleccionada de las múltiples particiones del ancho de banda de frecuencia si el terminal inalámbrico está en una región de borde de célula servido por el nodo de macro estación base. La seleccionada de una de las múltiples particiones es una partición diferente de la que es usada por otro nodo de estación base que sirve a una macrocélula adyacente para asignar una frecuencia a otro terminal inalámbrico en una región de borde de la macrocélula adyacente. Por otra parte, la seleccionada de las múltiples particiones puede ser una partición diferente que la que es usada por un nodo de micro estación base dentro de la macrocélula para asignar una frecuencia a cualquier terminal inalámbrico dentro del nodo de micro estación base.

La figura 11B muestra actos o etapas representativas de ejemplo implicadas en un método de funcionamiento de una red de acceso radio heterogénea que es adecuado para la estrategia de la figura 11A. El acto 7-1 (9) comprende dividir el ancho de banda de frecuencia utilizable por la red de acceso radio heterogénea en múltiples particiones. En la situación particular de la figura 11 A y la figura 11B, el ancho de banda de frecuencia utilizable por la red de acceso radio heterogénea está dividido en cuatro particiones.

El acto 7-2.1 (11) comprende asignar una frecuencia desde una partición primera a los terminales inalámbricos en la región de borde de una macrocélula primera. El acto 7-2.1 (11) se realiza mediante un programador 36 de la macro estación base de la macrocélula primera, por ejemplo la macro estación base 24₁. El acto 7-2.2 (11) comprende asignar una frecuencia de una partición segunda a un terminal inalámbrico en la región de borde de una macrocélula segunda. El acto 7-2.1 (11) se realiza mediante un programador 36 de la macro estación base de la macrocélula segunda, por ejemplo la estación base de macro 24₂. El acto 7-2.3 (11) comprende asignar una frecuencia desde una partición tercera a un terminal inalámbrico en la región de borde de una microcélula. Como en el método básico, el acto 7-3 comprende asignar una frecuencia del ancho de banda de frecuencia a un terminal inalámbrico que está en una región central de la microcélula o al menos dentro de una región central de la macrocélula.

La figura 11C muestra actos o etapas representativos de ejemplos implicados en un método alternativo de funcionamiento de una red de acceso radio heterogénea que es adecuada para la estrategia de la figura 11A. El método de la figura 11C difiere del método de la figura 11B reemplazando el acto 7-2.3 (11) con el acto 7-2.3 '(I 1). El acto 7-2.3'(11) comprende asignar la frecuencia desde la partición tercera para el terminal inalámbrico en la región de borde de una microcélula independientemente de si la microcélula está en la macrocélula primera o la macrocélula segunda. El acto 7-3 comprende asignar una frecuencia del ancho de banda de frecuencia a un terminal inalámbrico que está en una región central de la microcélula o al menos dentro de una región central de la macrocélula.

En la estrategia de asignación de recursos de la figura 12A, la seleccionada de las múltiples particiones puede ser una misma partición que es usada por un nodo de micro estación base dentro de otra macrocélula para asignar una frecuencia a un terminal inalámbrico en una región de borde del nodo de micro estación base que está en la otra macrocélula. En este sentido, la figura 12B muestra actos o etapas representativos de ejemplo implicados en un método de funcionamiento de una red de acceso radio heterogénea que es adecuado para la estrategia de la figura 12A. Los tres primeros actos de la figura 12B son similares a los de la figura 11B. En particular, el acto 7-1 (11) de la figura 11B comprende dividir el ancho de banda de frecuencia utilizable por la red de acceso radio heterogénea en múltiples particiones. El acto 7-2.1 (11) comprende asignar una frecuencia desde una partición primera a un terminal inalámbrico en una región de borde de una macrocélula primera. El acto 7-2.2 (11) comprende asignar una frecuencia de una partición segunda a un terminal inalámbrico en una región de borde de una macrocélula segunda. El acto 7-2,3 (12) comprende asignar una frecuencia de partición tercera a un terminal inalámbrico en una región de borde de una microcélula primera dentro de la macrocélula primera. El acto 7-2,3 (12) comprende asignar una frecuencia de partición cuarta a un terminal inalámbrico en una región de borde de una microcélula segunda dentro de la macrocélula primera. El acto 7-3 comprende asignar una frecuencia del ancho de banda de frecuencia a un terminal inalámbrico que está en una región central de la microcélula o al menos dentro de una región central de la macrocélula.

La figura 12C muestra actos o etapas representativos de ejemplo implicados en un método alternativo de funcionamiento de una red de acceso radio heterogénea que es adecuada para la estrategia de la figura 12 A. El método de la figura 12C difiere del método de la figura 12B mediante la inclusión del acto 7-2.3.1 (12) y el acto 7-2.4.1 (12), que sigue al acto 7-2,3 (12) y al acto 7-2.4 (12), respectivamente. El acto 7-2.3.1 (12) comprende asignar una frecuencia de la partición tercera a un terminal inalámbrico en una región de borde de una microcélula primera dentro de la macrocélula segunda. El acto 7-2.4.1 (12) comprende asignar una frecuencia de la partición cuarta a un terminal inalámbrico en una región de borde de una microcélula segunda dentro de la macrocélula segunda.

La figura 13A ilustra una realización y modo de la técnica de reutilización de frecuencia de fracción heterogénea (FFR) divulgada en el presente documento en el que las macrocélulas emplean una asignación de frecuencia tradicional $N=1$, mientras que un esquema de FFR de 1/3 de tasa se aplica a las microcélulas basándose en las macrocélulas en las que residen las microcélulas. La ilustración de la figura 13 emplea dos microcélulas por macrocélula, sin embargo, la tecnología puede ser aplicada a un número arbitrario de microcélulas por macrocélula (no necesariamente el mismo) y una tasa de reutilización de frecuencia fracción (FFR) arbitraria.

De acuerdo con la realización y el modo de la figura 13A, el programador 36 de una micro estación base está configurado para asignar, a un terminal inalámbrico en una región de borde de su microcélula, una frecuencia desde una seleccionada de las múltiples particiones del ancho de banda de frecuencia. La seleccionada de una de las múltiples particiones es una misma partición que se usa, por otro nodo de estación base que sirve a otra microcélula en una misma macrocélula, para asignar una frecuencia a otro terminal inalámbrico en una región de borde de la otra microcélula. Pero la seleccionada de las múltiples particiones es diferente de otra partición que se usa, por otro nodo de estación base que sirve a otra microcélula en otra macrocélula que es adyacente a la macrocélula, para asignar una frecuencia a otro terminal inalámbrico en una región de borde de la otra microcélula.

La figura 13B muestra actos o etapas representativos de ejemplo implicados en un método de funcionamiento de una red de acceso radio heterogénea que es adecuado para la estrategia de la figura 13A. El acto 7-1 comprende dividir el ancho de banda de frecuencia utilizable por la red de acceso radio heterogénea en múltiples particiones. El acto 7-2.1 (13) comprende asignar una frecuencia de una partición primera a los terminales inalámbricos en una región de borde de las múltiples microcélulas dentro de una macrocélula primera. El acto 7-2.2 (13) comprende asignar una frecuencia de una partición segunda a los terminales inalámbricos en una región de borde de las múltiples microcélulas dentro de una macrocélula segunda. El acto 7-3 comprende asignar una frecuencia del ancho de banda de frecuencia a un terminal inalámbrico que está en una región central de la microcélula o al menos dentro de una región central de la macrocélula.

La figura 13C muestra actos o etapas representativos de ejemplo implicados en un método alternativo de funcionamiento de una red de acceso radio heterogénea que es adecuado para la estrategia de la figura 13A. El método de la figura 13C difiere del método de la figura 13, en virtud de la sustitución del acto 07/03 (13) para el acto 7-3. El acto 7-3 (13) comprende asignar una frecuencia del ancho de banda de frecuencia a un terminal inalámbrico que está en cualquiera de las múltiples macrocélulas (sin tener en cuenta donde en las células de macro) o en la región central de cualquiera de las múltiples microcélulas.

La figura 14A ilustra una realización y el modo en que las macrocélulas usan de nuevo una implementación $N=1$, pero el esquema de reutilización de frecuencia de fracción (FFR) puede ser aplicado a través de las microcélulas dentro de cada macrocélula. Las asignaciones de reutilización de frecuencia de fracción (FFR) de microcélulas están escalonadas entre las microcélulas a través de límites de las macrocélulas para asegurarse de que dos microcélulas vecinas no comparten la misma partición de reutilización de frecuencia de fracción (FFR).

De acuerdo con la estrategia de asignación de recursos de la figura 14A, el programador 36 de una micro estación base está configurado para asignar (a un terminal inalámbrico en su región de borde) una frecuencia desde una seleccionada de las múltiples particiones del ancho de banda de frecuencia. La seleccionada de las múltiples particiones es una partición diferente de la que se usa, por otro nodo de estación base que sirve a otra microcélula en una misma macrocélula, para asignar una frecuencia a otro terminal inalámbrico en una región de borde de la otra microcélula.

La figura 14B muestra actos o etapas representativos de ejemplo implicados en un método de funcionamiento de una red de acceso radio heterogénea que es adecuado para la estrategia de la figura 14A. El acto 7-1 comprende dividir el ancho de banda de frecuencia utilizable por la red de acceso radio heterogénea en múltiples particiones. El acto 7-2.1 (14) comprende asignar una frecuencia de una partición primera a un terminal inalámbrico en una región de borde de una microcélula primera dentro de una macrocélula primera. El acto 7-2.1 (14) comprende asignar una frecuencia de una partición segunda a un terminal inalámbrico en una región de borde de una microcélula segunda dentro de la macrocélula primera. El acto 7-3 comprende asignar una frecuencia del ancho de banda de frecuencia a un terminal inalámbrico que está en una región central de la microcélula o al menos dentro de una región central de la macrocélula.

La figura 14C muestra actos o etapas representativos de ejemplo implicados en un método alternativo de funcionamiento de una red de acceso radio heterogénea que es adecuado para la estrategia de la figura 14A. El método de la figura 14C difiere del método de la figura 14B mediante la inclusión del acto 7-2.1.1 (14) y el acto 7-2.2.1 (14), que sigue al acto 7-2.1 (14) y al acto 7-2.2 (14), respectivamente. El acto 7-2.1.1 (14) comprende asignar una frecuencia de la partición primera a un terminal inalámbrico en una región de borde de una microcélula primera dentro de una macrocélula segunda. El acto 7-2.2.1 (14) comprende asignar una frecuencia de la partición segunda a un terminal inalámbrico en una región de borde de una microcélula segunda dentro de la macrocélula segunda.

En algunas realizaciones y/o modos de ejemplo, conocidos como realizaciones y/o modos subparticionados, el ancho de banda de frecuencia utilizable por la red de acceso radio heterogénea se divide en múltiples particiones y las múltiples particiones se dividen aún más en múltiples subparticiones. Algunas realizaciones y/o modos subparticionados de ejemplo implican múltiples etapas de partición. Por ejemplo, algunas realizaciones y modos de ejemplo implican dos etapas de partición. Una partición primera se asocia con las múltiples macrocélulas y una partición segunda es principalmente (pero no necesariamente de forma exclusiva) asociada con las múltiples microcélulas.

Dos realizaciones y/o modos subparticionados de ejemplo se ilustran en la figura 15 y la figura 16. Tanto la figura 15 como la figura 16 muestran el ancho de banda de frecuencia utilizable por la red de acceso radio heterogénea que se divide en una partición primera B1 y una partición segunda B2, y muestran además que la partición primera B1 se subdivide en subparticiones B 11, B 12, y B 13 y que la partición segunda B2 se subdivide en subparticiones B21, B22, y B23. La figura 15 muestra que la partición primera B1 es una subbanda para interferir los macro UE o los UE de borde de macrocélulas, mientras que la partición segunda B2 es para, por ejemplo, los UE de borde de microcélulas. La figura 16 muestra que la partición primera B 1 es una subbanda reservada de macro estación base BS1, mientras que la partición segunda B2 es una subbanda reservada de pico estaciones base (por ejemplo, micro).

En la realización y modo de la figura 15 una partición de ancho de banda en dos etapas se emplea con cuatro subbandas empleadas para los UE de macrocélulas. El enfoque de la figura 15 aborda, por ejemplo, la interferencia asimétrica entre las macro y las microcélulas de la red heterogénea. En combinación con una planificación de PFTF (proporcional justa en tiempo y frecuencia) de los UE, la realización de la figura 15 logra tanto una reducción de la interferencia como la mejora SINR para los usuarios de microcélulas mientras se mantienen los niveles SINR de macrocélulas.

En una implementación heterogénea, el conjunto de dispositivos transceptores sensibles a las interferencias pueden no corresponder al conjunto de dispositivos transceptores causando fuertes interferencias intercelulares. Como ejemplo, los dispositivos transceptores servidos en microcélulas y sensibles a las interferencias no están causando necesariamente mucha interferencia a los dispositivos transceptores que son servidos en macrocélulas adyacentes o superpuestas y sensibles a las interferencias. De manera similar, los dispositivos transceptores servidos en una macrocélula y cerca del borde de una microcélula pueden no ser necesariamente los que causan la interferencia más fuerte de la microcélula.

En el enlace ascendente (UL) de una red 2G de acceso radio heterogénea (HetNet) tal como el ilustrado en la figura 15, un macro terminal inalámbrico (UE) de interferencia no es necesariamente el mismo que un macro terminal inalámbrico (UE) de borde de célula. Un macro terminal inalámbrico que interfiere con la macro estación base vecina normalmente está localizado en los bordes de su macrocélula de servicio. Un macro terminal inalámbrico que interfiere con una micro estación base localizada dentro de la misma área de la macrocélula del macro terminal inalámbrico considerado tiene una pérdida de propagación baja (por ejemplo, corta distancia) a la micro estación base y una gran pérdida de propagación a la macro estación base. Los macro terminales inalámbricos de borde de célula tienen una gran pérdida de propagación en su estación base de servicio, pero no todos ellos están cerca de la micro estación base. Es posible que haya macro terminales inalámbricos que interfieren con la micro estación base en el enlace ascendente (UL) y que por lo general no están categorizados como terminales inalámbricos de borde de célula. La región rayada en la figura 15A muestra una región donde los macro terminales inalámbricos de la macro estación base 24₁ que potencialmente interfieren fuertemente con la microcélula 28₁₋₁ pueden ser localizados.

Las ganancias de rendimiento resultantes conseguidas mediante la partición del ancho de banda de dos etapas de la figura 15 para la utilización RB 50% y el tráfico FTP se resumen en la figura 21A, la figura 21B, la figura 22, y en la tabla 1 y la tabla 2. La tabla 1 se asocia con la figura 21A y la figura 21B; la tabla 2 se asocia con la figura 22. Se puede observar que estas ganancias pueden ser más del 30%, ya sea en la media o rendimiento de percentil cinco, dependiendo de la aplicación.

Mientras que algunas de las realizaciones y modos descritos en este documento se refieren principalmente a la coordinación interferencia intercelular vertical (ICIC) entre células de diferentes capas, otras realizaciones tales como la mostrada en la figura 16 combinan dicha ICIC vertical con ICIC horizontal entre las células de la misma capa.

La figura 16 ilustra para el escenario de red de la figura 16A un esquema de partición de ancho de banda de ejemplo (de acuerdo con la figura 3A) para la macrocapa ICIC. Se apreciará que un enfoque similar podría ser implementado para microcapa (por ejemplo, pico) ICIC. Como se muestra en la figura 16, el ancho de banda total se divide en dos particiones o subbandas (B1, B2) representadas por columnas anchas en la figura 16. Estas particiones o subbandas pueden ser idénticas a la ilustrada en la figura 3A. Para el caso de ejemplo de tres macrocélulas adyacentes como se muestra en la figura 16, cada partición/subbanda B1, B2 está además dividida en tres subparticiones B11, B12, B13, B21, B22, B23. Cabe señalar que los tamaños relativos de estas subparticiones no están necesariamente a escala.

En un escenario de asignación de ejemplo para la figura 16, los terminales inalámbricos son primero asignados a una de las subbandas B1, B2 según cualquier técnica ICIC vertical adecuada incluyendo las descritas en el presente documento. En una siguiente etapa, cada macro terminal inalámbrico se asigna además a una de las diversas particiones B 11 a B23 de acuerdo con cualquier técnica ICIC vertical convencional. Cabe señalar que un procedimiento combinado ICIC horizontal/vertical también se puede realizar para terminales servidos en las microcélulas (por ejemplo, picocélulas). Dado que las microcélulas están a menudo suficientemente aisladas entre sí, esta opción no se ha ilustrado en la figura 16.

La figura 17 muestra actos o etapas de ejemplo representativos implicados en un método genérico de funcionamiento de una red de acceso radio heterogénea de acuerdo con las realizaciones y/o modos subparticionados de la tecnología descrita en este documento. El acto 7-1 (17) comprende dividir el ancho de banda de frecuencia utilizable por la red de acceso radio heterogénea en múltiples particiones que incluyen una partición primera (por ejemplo, la partición B1) y una partición segunda (partición B2). El acto 7-1.1 (17) comprende dividir las múltiples particiones en múltiples subparticiones. El acto 7-2.1 (17) y el acto 7-2.2 (17) colectivamente esencialmente corresponden al acto genérico 7-2, el acto de asignar una frecuencia de una porción particionada (por ejemplo, la partición segunda) a un terminal inalámbrico en una región de borde de una microcélula. El acto 7- 2.1 (17) comprende asignar una frecuencia de una subpartición primera de la partición segunda si el terminal inalámbrico

está en una región de borde de una microcélula en la macrocélula primera. El acto 7- 2.1 (17) comprende asignar una frecuencia de una subpartición segunda de la partición segunda si el terminal inalámbrico está en una región de borde de una microcélula en la macrocélula segunda. El acto 7-3 comprende asignar una frecuencia del ancho de banda de frecuencia a un terminal inalámbrico que está en una región central de la microcélula o al menos dentro de una región central de la macrocélula.

Tanto el acto 7-2.1 (17) y el acto 7-2.2 (17) son realizados por los programadores de micro estaciones base, pero son realizados por los programadores de diferentes micro estaciones base. Por ejemplo, en la realización de la figura 15 el acto 7-2.1 (17) puede realizarse por la micro estación base de microcélula 28₁ que asigna una frecuencia de subpartición B21 (puesto que la microcélula 28₁₋₁ está en la macrocélula 22₁), mientras que el acto 7- 2.2 (17) puede realizarse por la micro estación base de microcélula 28₂₋₁ que asigna una frecuencia de subpartición B22 (puesto que la microcélula 28₂₋₁ está en la macrocélula 22₂). Además, se apreciará que otros actos también son abarcados por el método genérico de la figura 17, tal como una tercera micro estación base (por ejemplo, una micro estación base de microcélula 28₃₋₁) que asigna una frecuencia de una subpartición tercera (por ejemplo, subpartición B23) de la partición segunda si el terminal inalámbrico está en una región de borde de microcélula 28₃₋₁, estando la microcélula 28₃₋₁ en la tercera macrocélula 22₃.

En la realización de la figura 15 y de acuerdo con el método de la figura 17, el programador 36 de una macro estación base particular de una macrocélula que comprende la red de acceso radio heterogénea asigna, a un terminal inalámbrico servido por la macrocélula particular, una frecuencia de una seleccionada de las subparticiones de la partición primera si el terminal inalámbrico está en una región de borde de macrocélula en particular o si el terminal inalámbrico interfiere sustancialmente con una célula que no sea la macrocélula particular. Por ejemplo, en el contexto de la figura 15 la macro estación base 24₁ asignaría una frecuencia desde la subpartición B11 a un terminal inalámbrico que o bien se encuentra en una región de borde 54₁ de la macrocélula en particular o que interfiere sustancialmente con una célula que no sea la macrocélula particular. La subpartición seleccionada de la partición primera que se asigna puede ser una subpartición asociada con la macrocélula en particular. Por ejemplo, en la figura 15 la subpartición B11 puede estar asociada con la macrocélula 22₁ y por lo tanto usada por el programador 36 de la macro estación base 24₁ para asignar frecuencias a macro terminales inalámbricos de borde e interferencia. El programador 36 de la macrocélula particular asigna frecuencias a cualquier terminal inalámbrico de región central o terminal inalámbrico no interferente, y en algunas realizaciones puede hacerlo sin tener en cuenta la partición (por ejemplo cualquier frecuencia de todo el ancho de banda utilizable).

La figura 17A muestra actos o etapas representativos básicos involucrados en una estrategia de asignación de recursos de la subpartición en la que macro estaciones base asignan frecuencias en una partición primera a terminales inalámbricos que están en sus respectivas regiones de borde. El método de la figura 17A incluye los actos 7-1 (17), 7- 1.1 (17), 7-2.1 (17), 7- 2.2 (17), y 7-3 de la figura 17, así como otros actos 7-2.3 (17A) y 7-2.4 (17A). El acto 7- 2.3 (17A) comprende asignar una frecuencia de una subpartición primera de la partición primera si el terminal inalámbrico se encuentra en una región de borde de una macrocélula primera. El acto 7-2.4 (17A) comprende asignar una frecuencia de una subpartición segunda de la partición primera si el terminal inalámbrico se encuentra en una región de borde de una macrocélula segunda. El acto 7-2.3 (17A) se realiza mediante un programador 36 de una macro estación base, tal como el programador 36 de la estación base 24₁ que usa la subpartición primera B11 para asignar frecuencias a terminales inalámbricos en la región de borde 54₁. El acto 7-2.4 (17A) se realiza mediante un programador 36 de otra macro estación base, tal como el programador 36 de la estación base 24₂ que usa la subpartición segunda B12 para asignar frecuencias a terminales inalámbricos en la región de borde 54₂.

La figura 17B muestra actos o etapas representativas básicos involucrados en una estrategia de asignación de recursos de subpartición en la que las macro estaciones base asignan frecuencias en una partición primera para terminales inalámbricos que interfieren con otras células, por ejemplo, que interfieren los UE. El método de la figura 17B es afín, por ejemplo, a la realización y el modo de la figura 16. El método de la figura 17B incluye los actos 7-1 (17), 7-1.1 (17), 7- 2.1 (17), 7-2.2 (17), y 7-3 de la figura 17, así como otros actos 7-2.3 (17B) y 7- 2.4 (17B). El acto 7-2.3 (17B) comprende asignar una frecuencia de una subpartición primera de la partición primera si el terminal inalámbrico está en una macrocélula primera e interfiere con cualquier nodo de micro estación base. El acto 7-2.4 (17B) comprende asignar una frecuencia de una subpartición segunda de la partición primera si el terminal inalámbrico está en una macrocélula segunda e interfiere con cualquier nodo de micro estación base. El acto 7-2.3 (17B) se realiza mediante un programador 36 de una macro estación base, tal como el programador 36 de la estación base 24₁ que utiliza la subpartición primera B11 para asignar frecuencias a terminales inalámbricos de interferencia servidos por la estación base 24₁. El acto 7-2.4 (17B) se realiza mediante un programador 36 de otra macro estación base, tal como el programador 36 de la estación base 24₂ que usa la subpartición segunda B12 para asignar frecuencias a terminales inalámbricos de interferencia servidos por la estación base 24₂.

La figura 17C muestra actos o etapas representativos básicos implicados en una estrategia de asignación de recursos de subpartición en la que las macro estaciones base pueden asignar frecuencias en la partición segunda para terminales inalámbricos que no interfieren con otras células, por ejemplo, los UE que no interfieren. El método de la figura 17C incluye los actos 7- 1 (17), 7- 1.1 (17), 7-2.1 (17), 7-2.2 (17), y 7-3 de la figura 17, así como un acto 7- 2.3 (17C) adicional. En el método de la figura 17C, un terminal inalámbrico, servido por una macrocélula, se le

puede asignar una frecuencia del ancho de banda de frecuencia utilizable por la red de acceso radio heterogénea (por ejemplo, sin tener en cuenta la partición) si el terminal inalámbrico no interfiere sustancialmente con una célula que no sea la macrocélula particular. Como se ilustra en la figura 17C, el acto 7-2.3 (17C), en particular comprende asignar una frecuencia de la partición segunda a un terminal inalámbrico en una de las múltiples macrocélulas si el terminal inalámbrico está en una macrocélula y no interfiere sustancialmente con ningún nodo de micro estación base. El acto 7-2.3 (17C) se realiza mediante un programador 36 de una macro estación base que sirve al terminal inalámbrico no interferente.

La figura 17D muestra actos o etapas representativos básicos implicados en una estrategia de asignación de recursos de subpartición en la que las macro estaciones base pueden asignar frecuencias en la partición segunda para terminales inalámbricos que no interfieren con cualquier nodo de micro estación base. El método de la figura 17D incluye los actos 7- 1 (17), 7- 1.1 (17), 7-2.1 (17), 7-2.2 (17), y 7-3 de la figura 17, así como un acto 7-2.3 (17D) adicional y el acto 7- 2.4 (17D). En el método de la figura 17D, un terminal inalámbrico, servido por cualquiera de las múltiples macrocélulas, se le puede asignar una frecuencia de la partición segunda si la conexión inalámbrica no interfiere sustancialmente con ningún nodo de micro estación base. En este sentido, el acto 7- 2.3 (17D) comprende asignar una frecuencia de una subpartición primera de la partición segunda si el terminal inalámbrico está en una macrocélula primera y no interfiere sustancialmente con ningún nodo de micro estación base. El acto 7-2.4 (17D) comprende asignar una frecuencia de una subpartición segunda de la partición segunda si el terminal inalámbrico está en una macrocélula segunda y no interfiere sustancialmente con ningún nodo de micro estación base. Por ejemplo, en el contexto de la figura 15, el programador 36 de la macro estación base 24₁ puede asignar una frecuencia de partición B21 a un terminal inalámbrico servido por la macro estación base 24₁ que no interfiera sustancialmente con cualquier nodo de micro estación base. Del mismo modo, el programador 36 de la macro estación base 24₂ puede asignar una frecuencia de partición B22 a un terminal inalámbrico servido por la macro estación base 24₂ que no interfiera sustancialmente con cualquier nodo de micro estación base.

Como se desprende de lo anterior, un programador de una macro estación base puede ser configurado para asignar, a un terminal inalámbrico que sirve, una frecuencia de una seleccionada de las subparticiones de la partición segunda, y la seleccionada de las subparticiones de la partición segunda puede estar asociada con la macrocélula particular. Por ejemplo, en conjunción con terminales inalámbricos no interferentes y en el contexto de la figura 15, la subpartición B21 puede estar asociada con la macrocélula 22₁ y la macro estación base 24₁; la subpartición B22 puede estar asociada con la macrocélula 22₂ y la macro estación base 24₂; y la subpartición B23 puede estar asociada con la macrocélula 22₃ y la macro estación base 24₃.

En otra realización subparticionadas de ejemplo en la que el nodo de estación base sirve a una macrocélula particular, que comprende las múltiples macrocélulas, el programador de un nodo de macro estación base particularmente puede estar configurado para asignar, a un terminal inalámbrico que sirve, una frecuencia de la partición segunda si el terminal inalámbrico interfiere sustancialmente con una macrocélula que no sea la macrocélula particular y no interfiere sustancialmente con una microcélula.

Lo que constituye la "interferencia sustancial" puede determinarse en relación con un umbral, tal como un umbral predeterminado. Por ejemplo, la potencia recibida de un usuario A (por ejemplo, terminal inalámbrico) en una célula B puede ser usada para determinar si el usuario interfiere sustancialmente con la célula B. Se podrá decidir que se produce una interferencia sustancial si la potencia recibida desde el usuario A es mayor que un umbral predeterminado o entre las señales de potencia más altas recibidas de todos los usuarios.

Como se refleja por actos tales como el acto 7-2.1 (17) y el acto 7-2.1 (17), para las realizaciones de subpartición, el programador 36 de un nodo de micro estación base puede estar configurado para asignar al terminal de una red inalámbrica una frecuencia seleccionada desde una subpartición seleccionada de la partición segunda si el terminal inalámbrico está en una región de borde de microcélula particular. En una implementación de ejemplo, la subpartición seleccionada de la partición segunda puede estar asociada con la macrocélula en la que se encuentra la microcélula particular. Por ejemplo, en el contexto de la figura 15, la subpartición B21 puede estar asociada con la microcélula 28₁₋₁ y/o la microcélula 28₁₋₂; la subpartición B22 puede estar asociada con la microcélula 28₂₋₁ y/o la microcélula 28₂₋₂; y la subpartición B23 puede estar asociada con la microcélula 28₃₋₁ y/o la microcélula 28₃₋₂.

En una realización y modo de ejemplo, el ancho de banda de frecuencia de la subpartición primera de la partición primera se separa de la subpartición primera de la partición segunda por lo menos la subpartición segunda de la partición primera. Por ejemplo, en el contexto de la figura 15, la subpartición B11 se separa de la subpartición B21 por al menos la subpartición B12 (y, de hecho, también por la subpartición B13).

Normalmente, una estación base BS comprende unidades o funcionalidades distintas de las que se muestran en la figura 4, algunas de las cuales se ilustran en la figura 18. Entre tales otras unidades o funcionalidades están la interfaz 60 de comunicaciones (en otros nodos de la red de acceso radio (RAN) o nodos de red de núcleo); el controlador 62 de tramas (para tramas o subtramas comunicadas por la interfaz 38 y por lo tanto la interfaz de radio); el controlador 64 de tramas (para tramas o subtramas comunicadas por la interfaz 60 de comunicaciones entre la estación base BS y otros nodos); el controlador 66 de señal; el configurador programador 68; el controlador 70 de señal; el controlador 70 de datos y el controlador 72 de datos, y las aplicaciones 74. El controlador 64 de tramas se

conecta al controlador 66 de señal y el controlador 70 de datos, mientras el controlador 62 de tramas se conecta al controlador 70 de señal y el controlador 72 de datos.

En las realizaciones de ejemplo, las funcionalidades de una estación base pueden ser realizadas usando circuitos electrónicos. Por ejemplo, la figura 18 muestra una realización de una estación base BS de ejemplo en la que el programador 36 y otras funcionalidades son realizadas por circuitos electrónicos y en particular por la plataforma 90, estando la plataforma 90 enmarcada por las líneas discontinuas en la figura 18. La terminología "plataforma" es una manera de describir cómo las unidades funcionales del nodo de la estación base se pueden implementar o realizar por la máquina que incluye circuitos electrónicos. Una plataforma 90 de ejemplo es una implementación de ordenador en el que uno o más de los elementos enmarcados que incluyen el programador 36 son realizados por uno o más procesadores 92 que ejecutan instrucciones codificadas y que usan señales no transitorias con el fin de realizar diversos actos que se describen en este documento. En tal implementación de ordenador el programador 36 puede comprender, además de un procesador o procesadores, la sección 93 de memoria (que a su vez puede comprender memoria 94 de acceso aleatorio; memoria 95 de sólo lectura; memoria de 96 aplicación (que almacena, por ejemplo, instrucciones codificadas que puede ser ejecutadas por el procesador para realizar actos descritos en el presente documento), y cualquier otra memoria como la memoria caché, por ejemplo.

Normalmente, la plataforma 90 de la estación base BS comprende también otras unidades o funcionalidades de entrada/salida, algunas de las cuales se ilustran en la figura 18, como el teclado 100; el dispositivo 102 de audio de entrada (por ejemplo el micrófono); el dispositivo visual 104 de entrada (por ejemplo, cámara); el dispositivo 106 de salida visual; y el dispositivo 108 de salida de audio (por ejemplo, altavoces). Otros tipos de dispositivos de entrada/salida también se pueden conectar, o comprenden estación base BS.

En el ejemplo de la figura 18 de la plataforma 90 se ha ilustrado como plataformas implementadas en ordenador o basadas en ordenador. Otra plataforma de ejemplo adecuada para la entidad de red de núcleo de paquetes, en particular, es la de un circuito de equipo físico, por ejemplo, un circuito integrado de aplicación específica (ASIC) en la que los elementos del circuito son estructurados y accionados para realizar los diversos actos que se describen en este documento.

Como se ha explicado en referencia a la figura 8, en algunas realizaciones y modos de ejemplo de un plan de partición puede descargarse desde un nodo 50 de gestión o similar para el programador 36 de una estación base BS. Dicho plan de partición descargado se puede llevar por las señales que se aplican a la estación base BS por la interfaz 60 de comunicación y que son enrutados al controlador 66 de señal. El controlador 66 de señal, a su vez proporciona las señales portadoras de plan de partición al configurador programador 68. El configurador programador 68 a su vez proporciona o programa el plan de partición en el programador 36.

En otra realización como se ejemplifica en la figura. 9, el plan de partición puede en cambio o además ser instalado en el programador 36 a través de medios distintos de una descarga de red. Por ejemplo, el plan de partición puede ser la entrada al programador 36 más directamente, por ejemplo, a través de la memoria 93 (por ejemplo, un plan de partición almacenado en la ROM 95 o RAM 94) o un dispositivo de entrada de la sección de entrada / salida (tal como el teclado 100).

Normalmente, un terminal inalámbrico (UE) 30 comprende también unidades o funcionalidades distintas de las que se muestran en la figura 5. Algunas otras funcionalidades o unidades se ilustran en la figura 19. Entre las demás unidades o funcionalidades están el programador 136; el controlador 162 de tramas (para tramas o subtramas comunicadas por la interfaz 44 y por lo tanto la interfaz de radio); el controlador 170 de señal; el controlador 172 de datos, y las aplicaciones 174. El controlador 164 de trama se conecta controlador 170 de señal y el controlador 70 de datos, mientras el controlador 62 de tramas se conecta al controlador 170 de señal y el controlador 172 de datos.

En realizaciones de ejemplo, las funcionalidades de una estación base pueden ser realizadas utilizando circuitos electrónicos. Por ejemplo, la figura 19 muestra una realización en la que muchas funcionalidades de un terminal inalámbrico (UE) 30 de ejemplo se realizan mediante circuitos electrónicos y en particular por la plataforma 190, estando la plataforma 190 enmarcada por líneas discontinuas en la figura 18. La terminología "plataforma" es una manera de describir cómo las unidades funcionales del terminal inalámbrico (UE) 30 pueden ser implementadas o realizadas por la máquina que incluye circuitos electrónicos. Una plataforma 190 de ejemplo es una implementación de ordenador en la que uno o más de los elementos enmarcados son realizados por uno o más procesadores 192 que ejecutan instrucciones codificadas y que usan señales no transitorias con el fin de realizar los diversos actos que se describen en este documento. En tal implementación de ordenador las funcionalidades de trama pueden comprender, además de un procesador o procesadores, la sección 193 de memoria (que a su vez puede comprender la memoria 194 de acceso aleatorio; la memoria 195 de sólo lectura; la memoria 196 de aplicación (que almacena, por ejemplo, instrucciones codificadas que pueden ser ejecutadas por el procesador para realizar actos descritos en el presente documento); y cualquier otra memoria como la memoria caché, por ejemplo.

Normalmente, la plataforma 190 de terminal inalámbrico (UE) 30 también comprende otras unidades o funcionalidades de entrada/salida, algunas de las cuales se ilustran en la figura 19, como el teclado 200; el dispositivo 202 de audio de entrada (por ejemplo el micrófono); el dispositivo 204 de entrada visual (por ejemplo, la

cámara); el dispositivo 206 de salida visual; y el dispositivo 208 de salida de audio (por ejemplo, altavoces). Otros tipos de dispositivos de entrada/salida también se pueden conectar, o comprenden estación base BS.

En el ejemplo de la figura 19 la plataforma 190 se ha ilustrado como plataformas implementadas en ordenador o basadas en ordenador. Otra plataforma de ejemplo adecuada para las funcionalidades enmarcadas, en particular, es la de un circuito de equipo físico, por ejemplo, un circuito integrado de aplicación específica (ASIC) en la que los elementos del circuito son estructurados y accionados para realizar los diversos actos que se describen en este documento.

Tal como se utiliza aquí, un "terminal inalámbrico" puede ser una estación móvil o una unidad de equipo de usuario (UE), como un teléfono móvil (teléfono "celular") o un ordenador portátil con capacidad inalámbrica (por ejemplo, la terminación móvil), y por lo tanto puede ser, por ejemplo, un dispositivo móvil portátil, de bolsillo, de mano, ordenador incluido o montado en el coche que comunica voz y/o datos a través de una red de acceso radio. Por otra parte, un terminal inalámbrico puede ser un terminal fijo que comunica voz y/o datos a través de una red de acceso radio.

Un criterio de ejemplo para identificar los dispositivos transceptores de borde celular de última generación se llama geometría. La geometría G_u de un dispositivo transceptor u servido por una estación base BS0 es 1612 dada por

$$G_u = \frac{TxP_{BS0} \cdot PL_{BS0,u}}{\sum_{i \in S \setminus BS0} TxP_i \cdot PL_{i,u} + N},$$

donde S es el conjunto de estaciones base adyacentes, TxP es la potencia de transmisión de la BS considerada, PL es la pérdida de propagación desde el dispositivo de transceptor u a la estación base considerada, y N es la potencia de ruido del receptor. Al someter el parámetro de geometría derivada de un dispositivo de transceptor particular, por ejemplo, una decisión de umbral, se puede determinar si el dispositivo de transceptor particular se encuentra en un borde de célula o no.

La tecnología descrita en este documento ha sido ejemplificada principalmente en el contexto de E-UTRAN y un núcleo de paquetes evolucionado (EPC), por ejemplo, LTE / SAE. Sin embargo, la tecnología divulgada en el presente documento no se limita a cualquier red en particular o tecnología/generación, ya que la persona experta en la técnica se da cuenta que los principios son aplicables para otros sistemas móviles también, tales como cdma2000, que actualmente también usa listas de áreas de localización.

Ventajosamente, la tecnología descrita en este documento aumenta el rendimiento borde de célula en entornos limitados de interferencia heterogéneos, manteniendo el rendimiento global de células de agregado.

Aunque la descripción anterior contiene muchas especificidades, éstas no deben interpretarse como limitantes del alcance de la invención, sino como meramente proporcionando ilustraciones de algunas de las realizaciones actualmente preferidas de esta invención. Así, el alcance de esta invención debe ser determinado por las reivindicaciones adjuntas y sus equivalentes legales. Por lo tanto, se apreciará que el alcance de la presente invención abarca totalmente otras realizaciones que pueden resultar obvias para los expertos en la técnica, y que el alcance de la presente invención en consecuencia no ha de ser limitado por otra cosa que las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

- 1.- Un método de funcionamiento de una red (20) de acceso radio heterogénea, la red de acceso radio heterogénea comprendiendo una macrocapa que incluye al menos una macrocélula (22) servida por un nodo de macro estación base (24) y una microcapa que comprende al menos una microcélula (28) servida por un nodo de micro estación base (26), comprendiendo el método:
 - dividir un ancho de banda de frecuencia utilizable por la red (20) de acceso radio heterogénea en una porción particionada de frecuencias que es menor que todo el ancho de banda;
 - asignar una frecuencia de la porción particionada de frecuencia a un terminal inalámbrico (30) en una región de borde de microcélula (28);
 - asignar una frecuencia del ancho de banda de frecuencia a un terminal inalámbrico (30) que está en una región central (M) de la microcélula (28) o al menos dentro de una región central (M) de la macrocélula (22);
 - dividir el ancho de banda de frecuencia utilizable por la red (20) de acceso radio heterogénea en múltiples particiones incluyendo una partición primera y una partición segunda;
 - dividir las múltiples particiones en múltiples subparticiones;
 - asignar una frecuencia de una partición segunda a un terminal inalámbrico (30) en una región de borde de una de las múltiples microcélulas mediante:
 - asignación de una frecuencia de una subpartición primera de la partición segunda si el terminal inalámbrico (30) está en una región de borde de una microcélula en una macrocélula primera; y
 - asignación de una frecuencia de una subpartición segunda si el terminal inalámbrico (30) está en una región de borde de una microcélula en una macrocélula segunda;
 - asignar una frecuencia de una partición primera a un terminal inalámbrico (30) en una de las múltiples macrocélulas mediante:
 - asignación de una frecuencia de una subpartición primera de la partición primera si el terminal inalámbrico (30) está en una macrocélula primera e interfiere con cualquier nodo de micro estación base (26);
 - asignación de una frecuencia de una subpartición segunda de la partición primera si el terminal inalámbrico (30) está en una macrocélula segunda e interfiere con cualquier nodo de micro estación base (26).
- 2.- El método de la reivindicación 1, que comprende además:
 - asignar una frecuencia de la partición segunda a un terminal inalámbrico (30) en una de las múltiples macrocélulas si el terminal inalámbrico (30) está en una macrocélula (22) y no interfiere sustancialmente con ningún nodo de micro estación base (26).
- 3.- El método de la reivindicación 2, que comprende además asignar una frecuencia al terminal inalámbrico (30) en una de sus múltiples macrocélulas mediante:
 - asignación de una frecuencia de una subpartición primera de la partición segunda si el terminal inalámbrico (30) está en una macrocélula primera y no interfiere sustancialmente con ningún nodo de micro estación base (26);
 - asignación de una frecuencia de una subpartición segunda de la partición segunda si el terminal inalámbrico (30) está en una macrocélula segunda y no interfiere sustancialmente con ningún nodo de micro estación base (26).
- 4.- El método de la reivindicación 1, en el que en el ancho de banda de frecuencia la subpartición primera de la partición primera está separada de la subpartición primera de la partición segunda por al menos la subpartición segunda de la partición primera.
- 5.- El método de la reivindicación 1, en el que en el ancho de banda de frecuencia la subpartición primera de la partición primera está separada de la subpartición primera de la partición segunda por al menos la subpartición segunda de la partición primera.
- 6.- Un nodo de estación base (BS) de una red (20) de acceso radio heterogénea, la red (20) de acceso radio heterogénea comprendiendo una macrocapa que incluye al menos una macrocélula servida por un nodo de macro estación base (24) y una microcapa que incluye al menos una microcélula (28) servida por un nodo de micro

estación base (26), en el que la red (20) de acceso radio heterogénea comprende múltiples macrocélulas y múltiples microcélulas dentro de cada una de las múltiples macrocélulas, en el que el ancho de banda de frecuencia utilizable por la red (20) de acceso radio heterogénea se divide en múltiples particiones y las múltiples particiones se debiden en múltiples subparticiones, en el que una partición primera se asocia con las múltiples macrocélulas y una partición segunda se asocia con las múltiples microcélulas, en el que el nodo de estación base sirve a una macrocélula particular (22) que comprende las múltiples microcélulas, comprendiendo el nodo de estación base:

- un localizador de terminal configurado para obtener una indicación de la localización de un terminal inalámbrico (30) en una célula servida por el nodo de estación base;

- un programador configurado para usar la indicación de la localización para asignar al terminal inalámbrico (30) una frecuencia del ancho de banda de frecuencia utilizable por la red (20) de acceso radio heterogénea, estando el programador configurado para asignar una frecuencia a partir de una porción particionada de frecuencia del ancho de banda de frecuencia si el terminal inalámbrico (30) está en una región de borde de la célula servida por el nodo de estación base, siendo la porción particionada menos de la totalidad del ancho de banda de frecuencia, y en el que el programador se configura además para asignar al terminal inalámbrico (30) una frecuencia de la partición segunda si el terminal inalámbrico (30) interfiere con una macrocélula que no sea la macrocélula particular (22) y no interfiere con una microcélula (28);

en el que el programador se configura además para asignar al terminal inalámbrico (30) una frecuencia de una seleccionada de las subparticiones de la partición segunda, y en el que la seleccionada de las subparticiones de la partición segunda se asocia con la macrocélula particular (22).

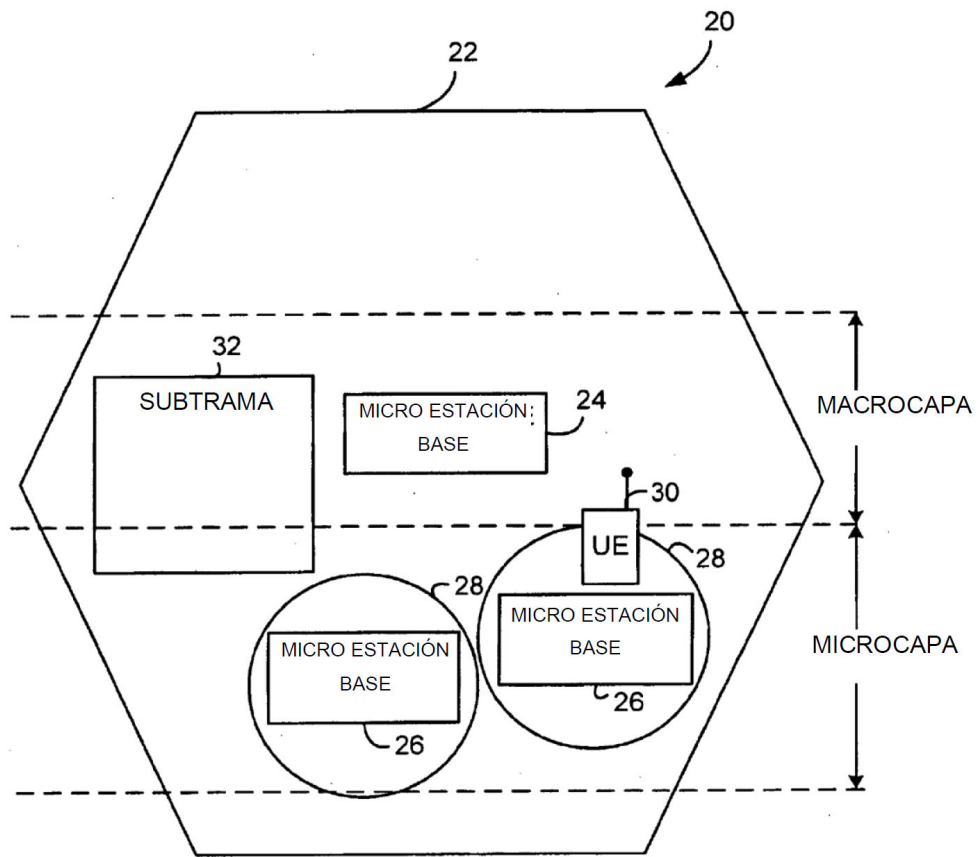


Fig. 1

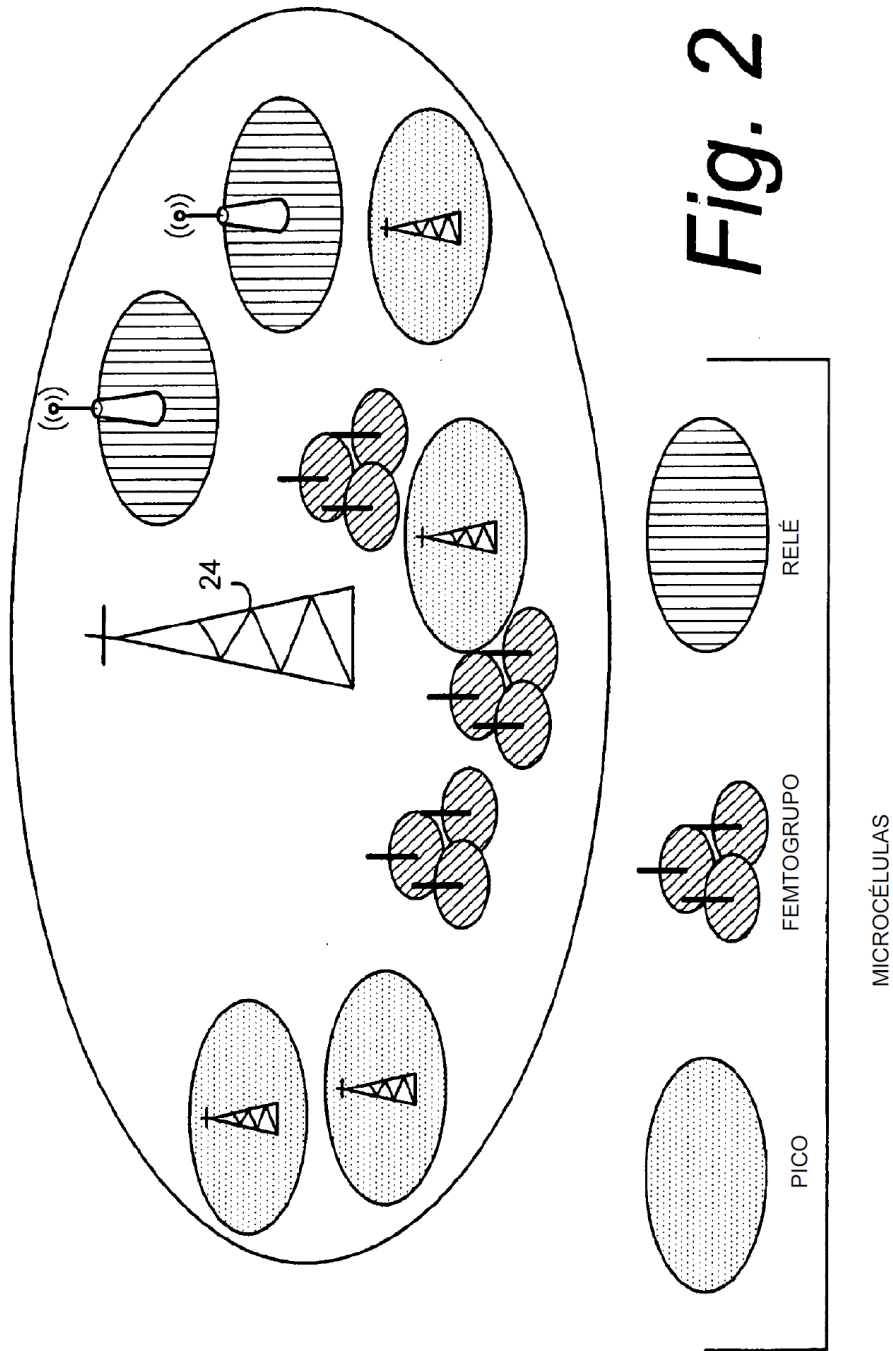


Fig. 2

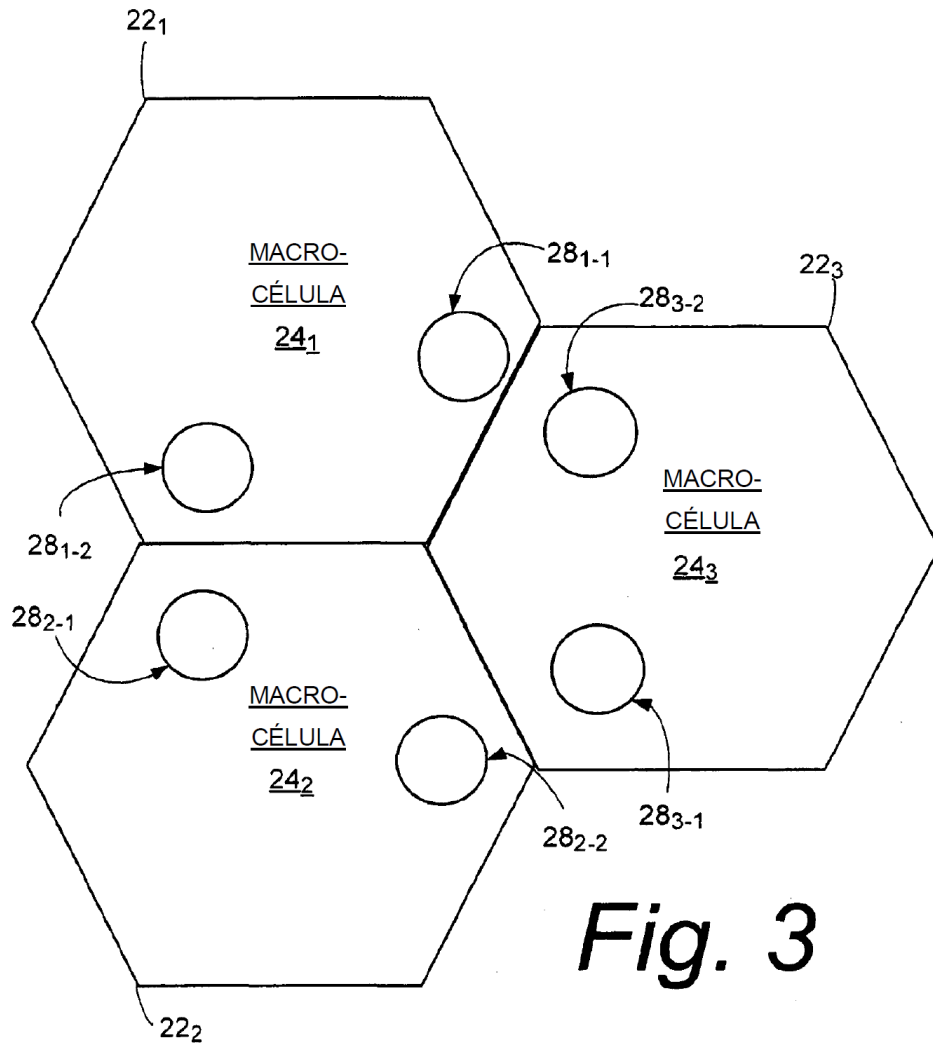


Fig. 3

SEPARACIÓN DE ANCHO DE BANDA TOTAL EN AL MENOS DOS SUBBANDAS

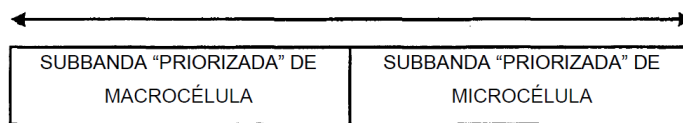


Fig. 3A

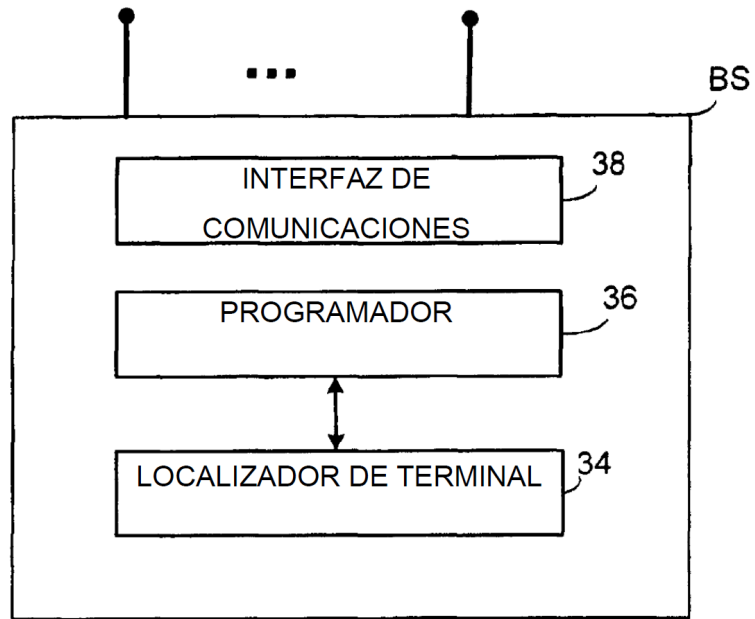


Fig. 4

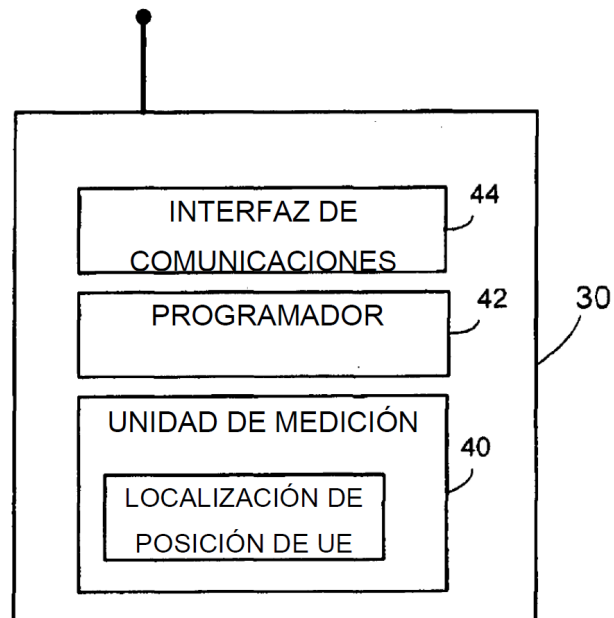


Fig. 5

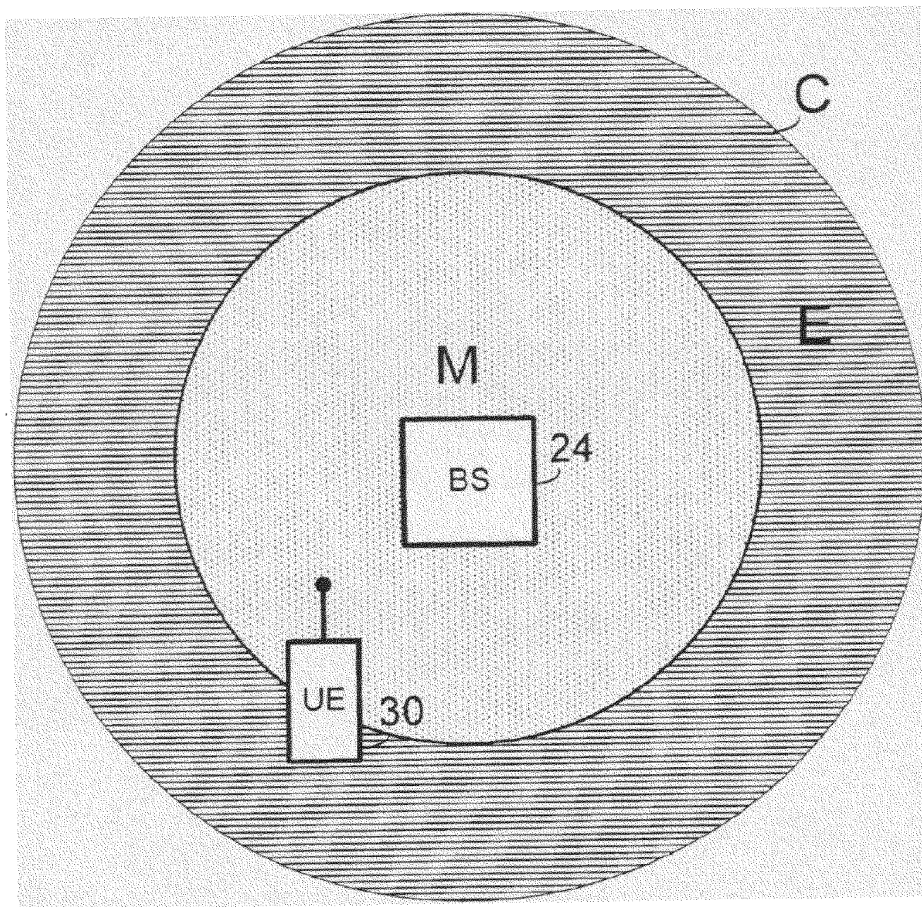


Fig. 6

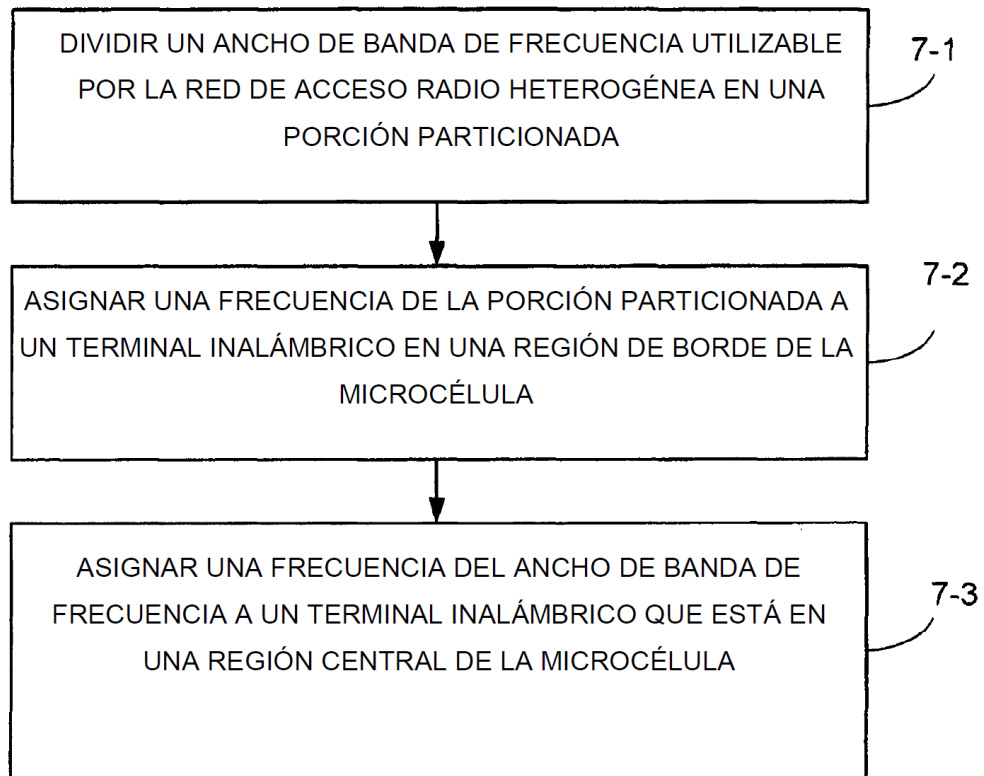


Fig. 7

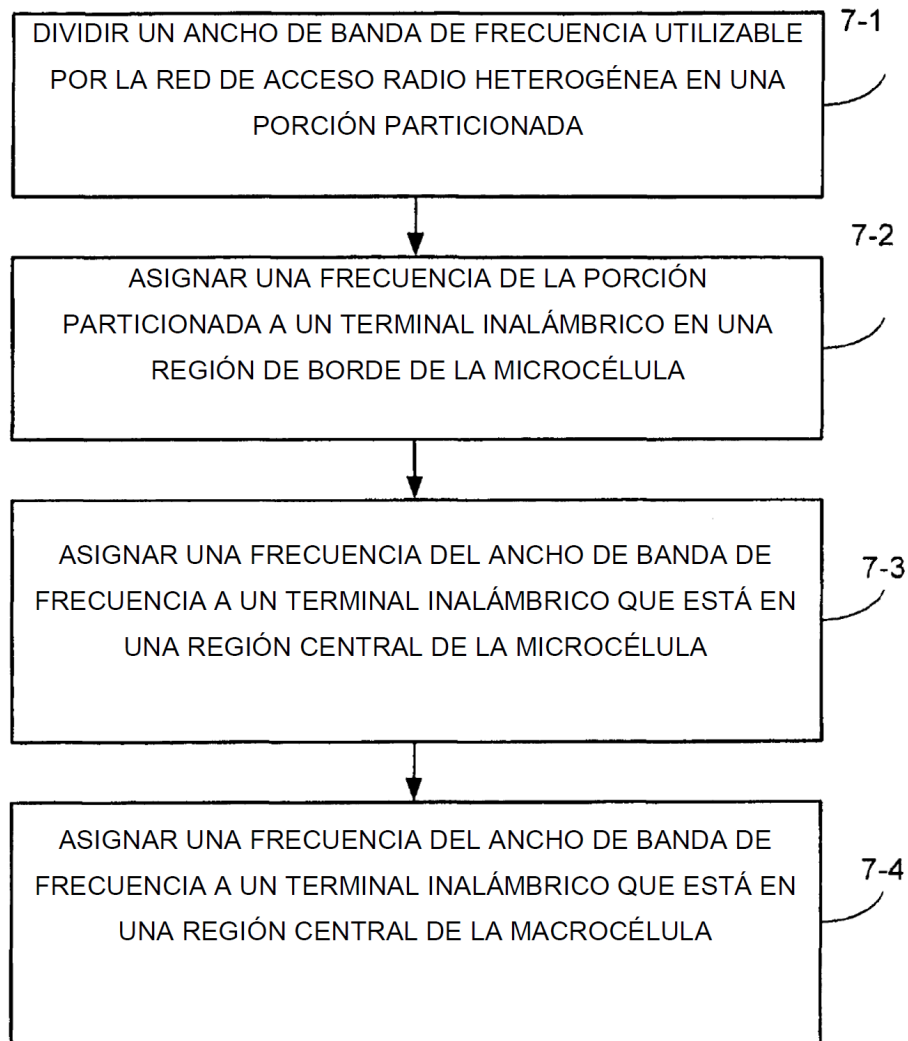


Fig. 7A

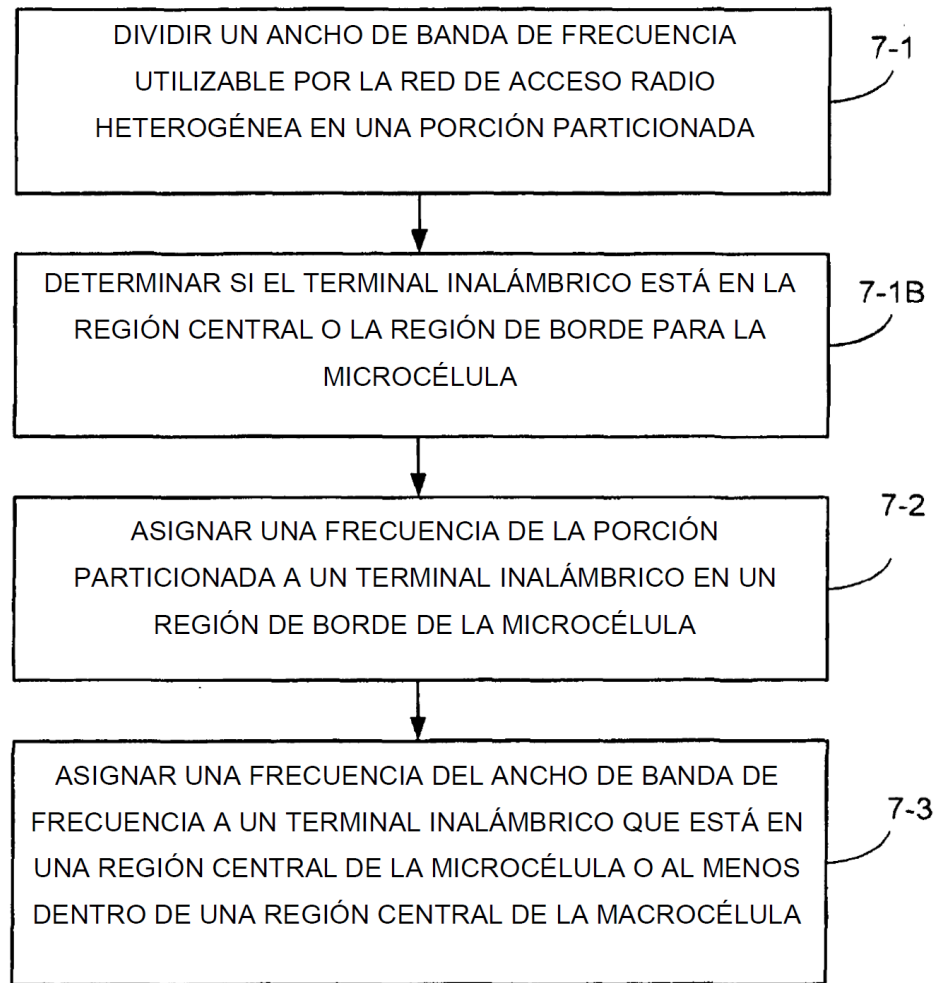


Fig. 7B

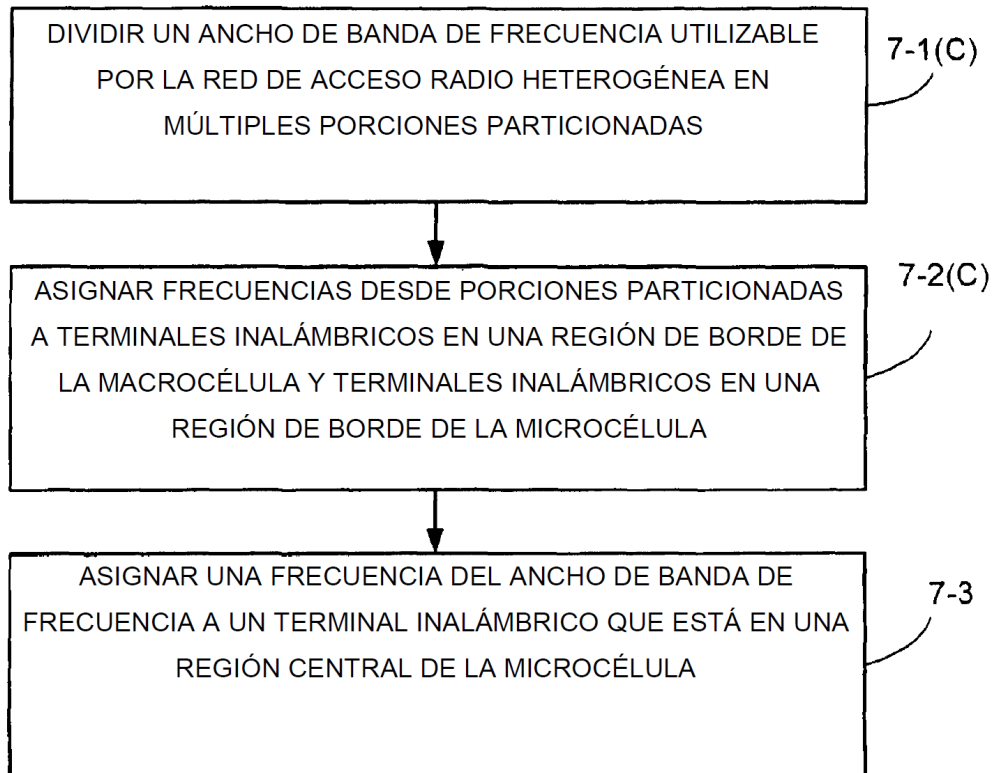
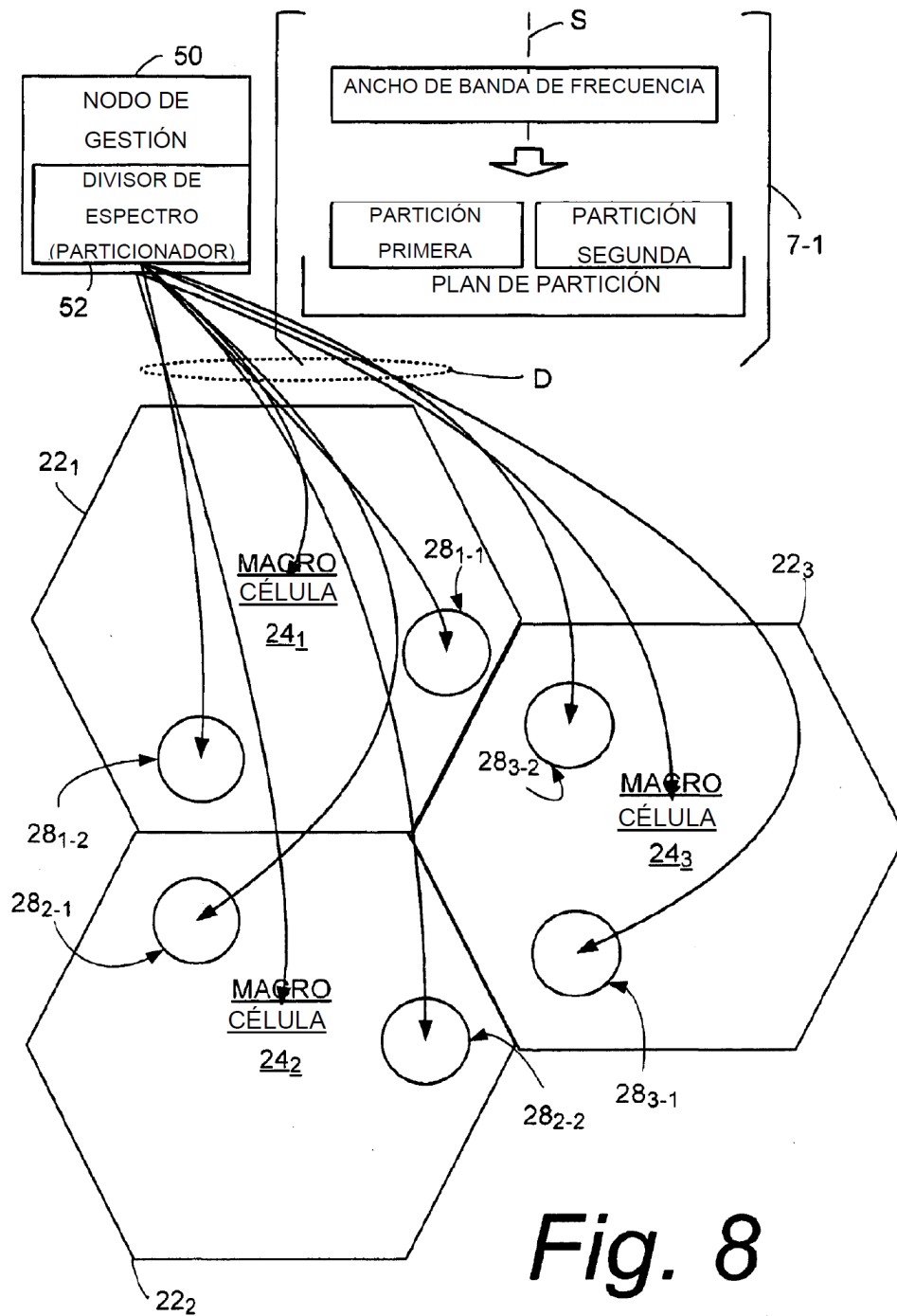


Fig. 7C



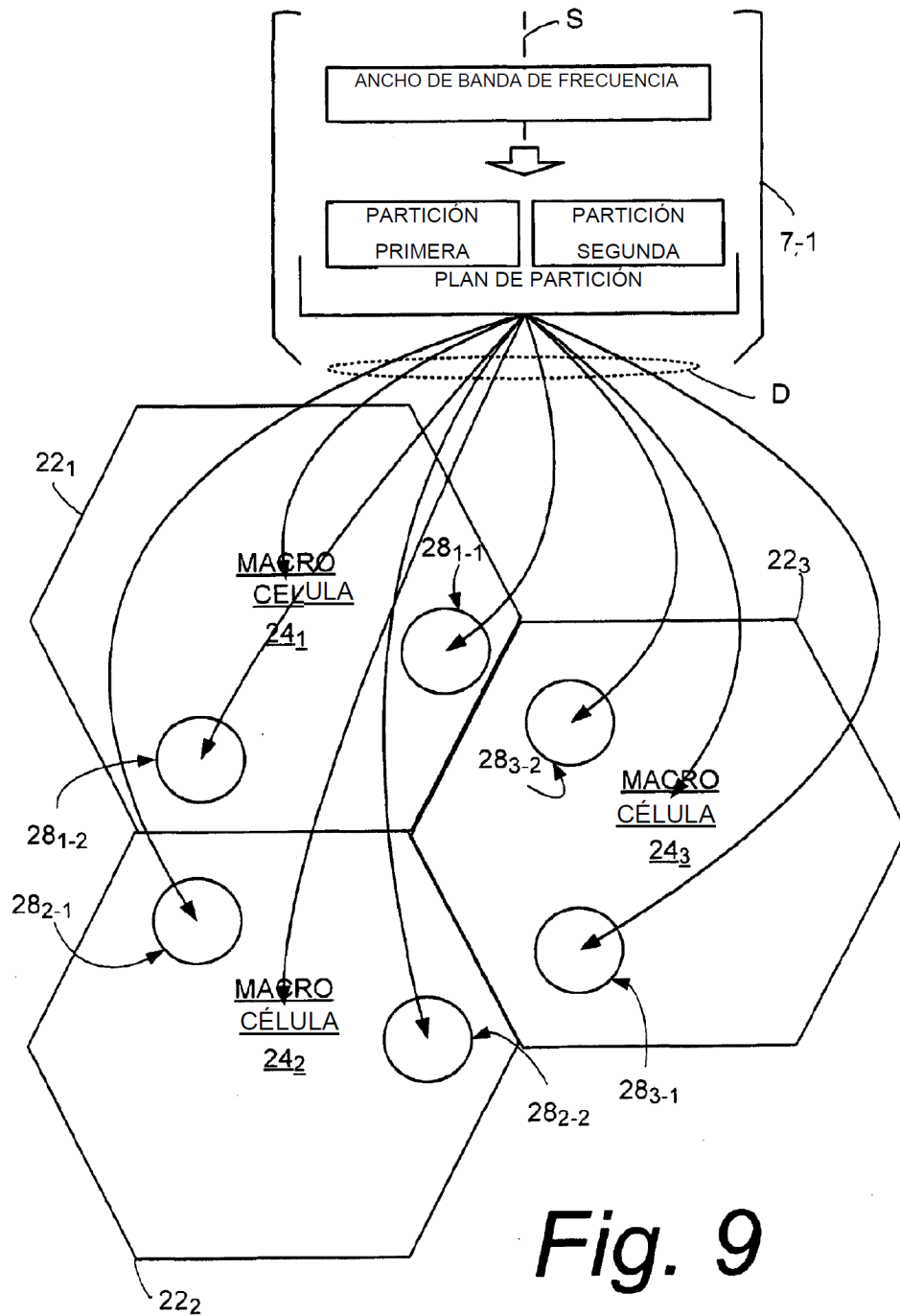


Fig. 9

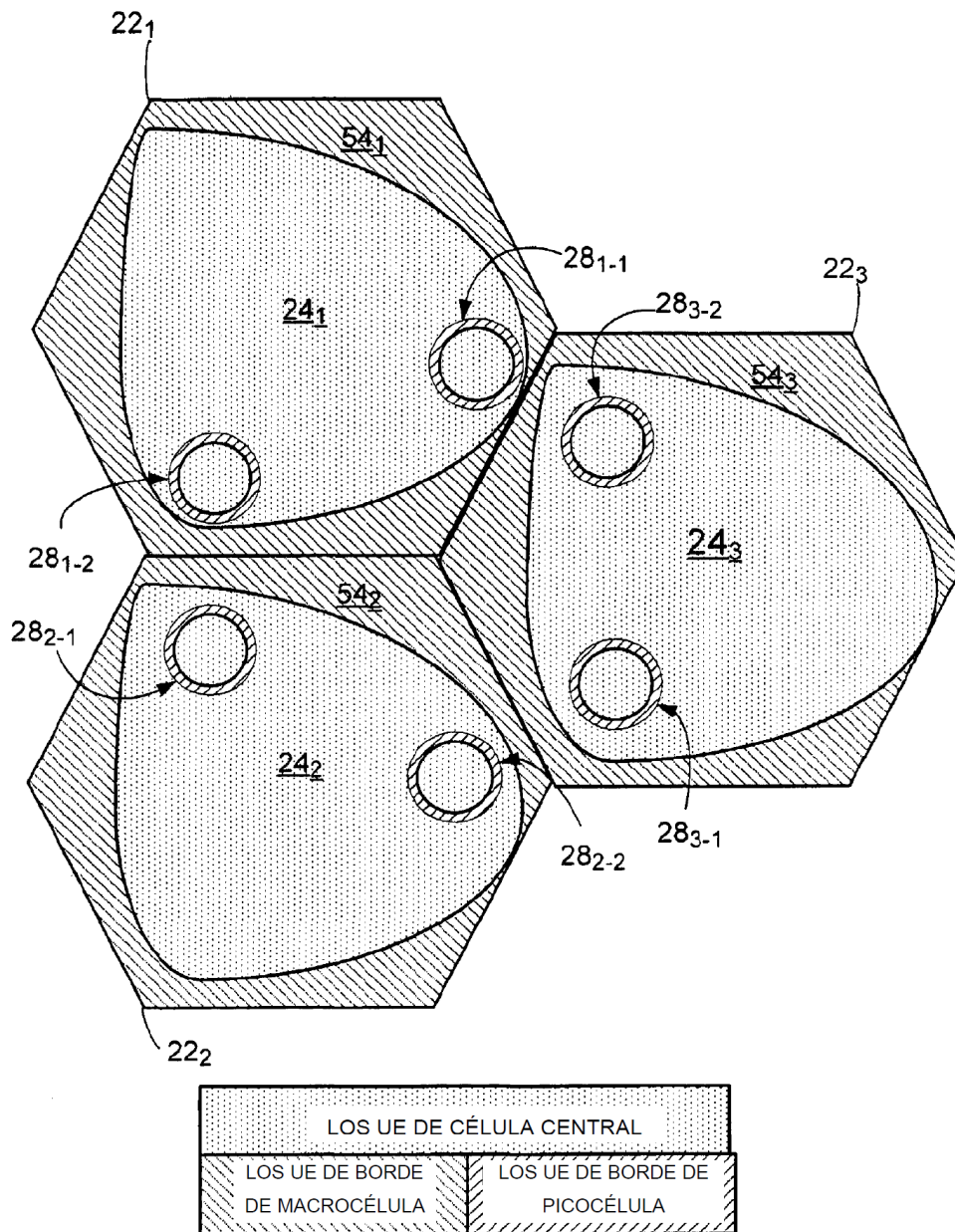


Fig. 10A

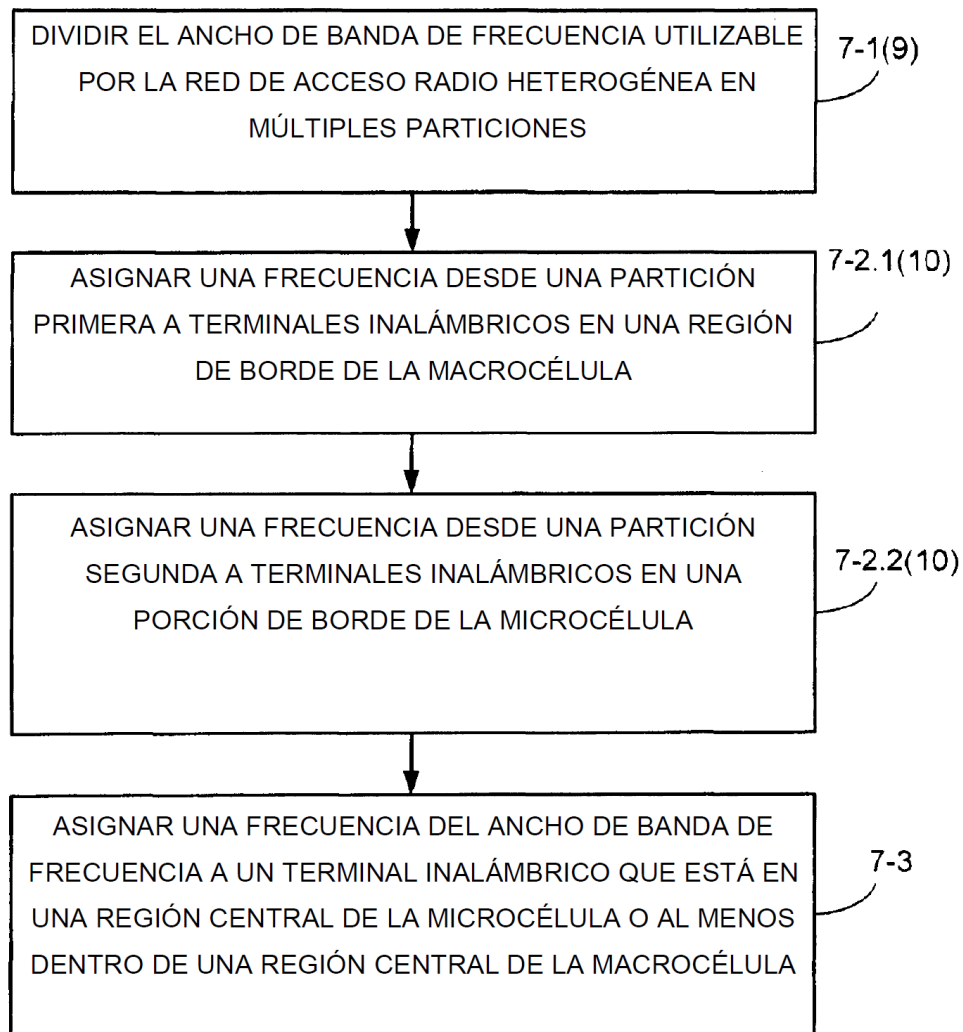


Fig. 10B

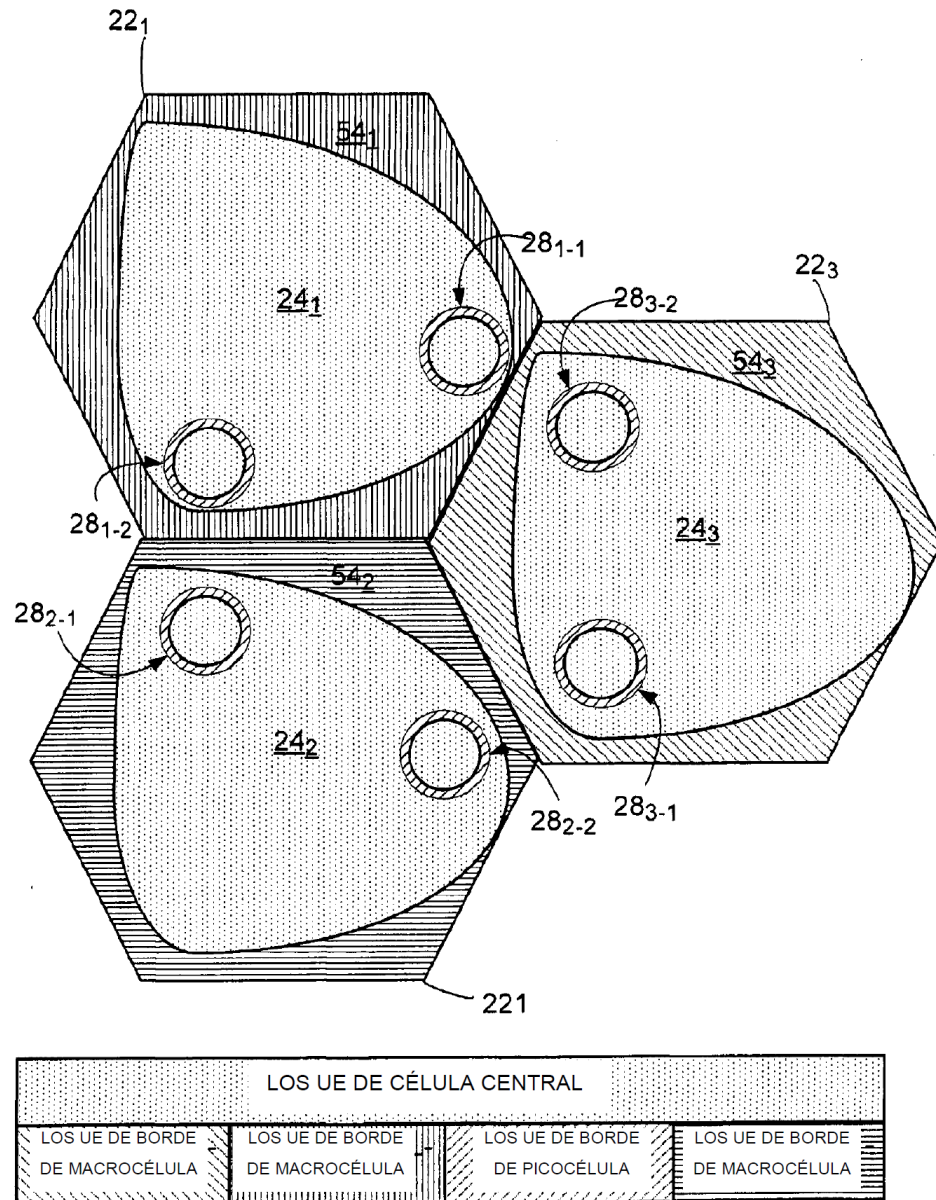


Fig. 11A

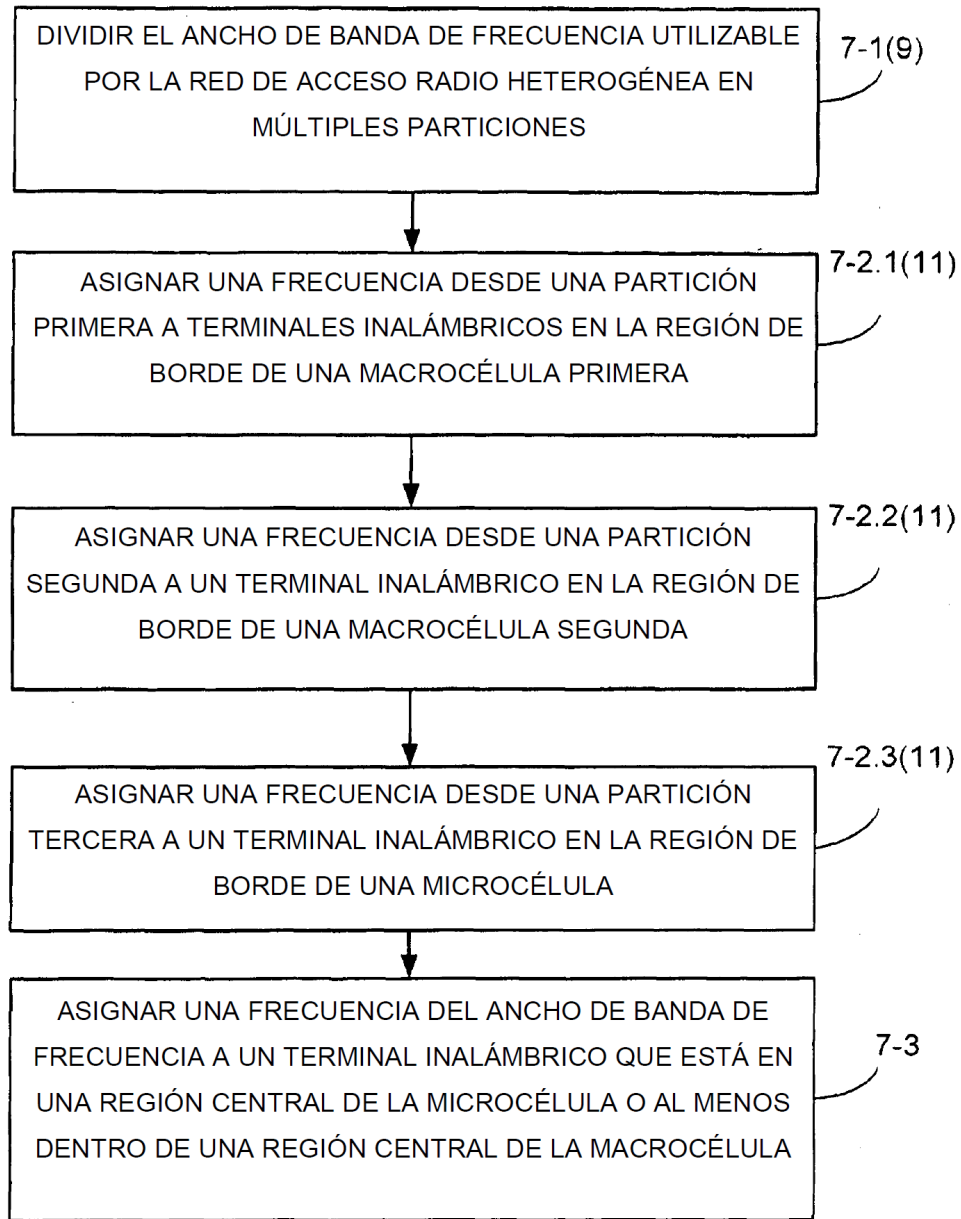


Fig. 11B

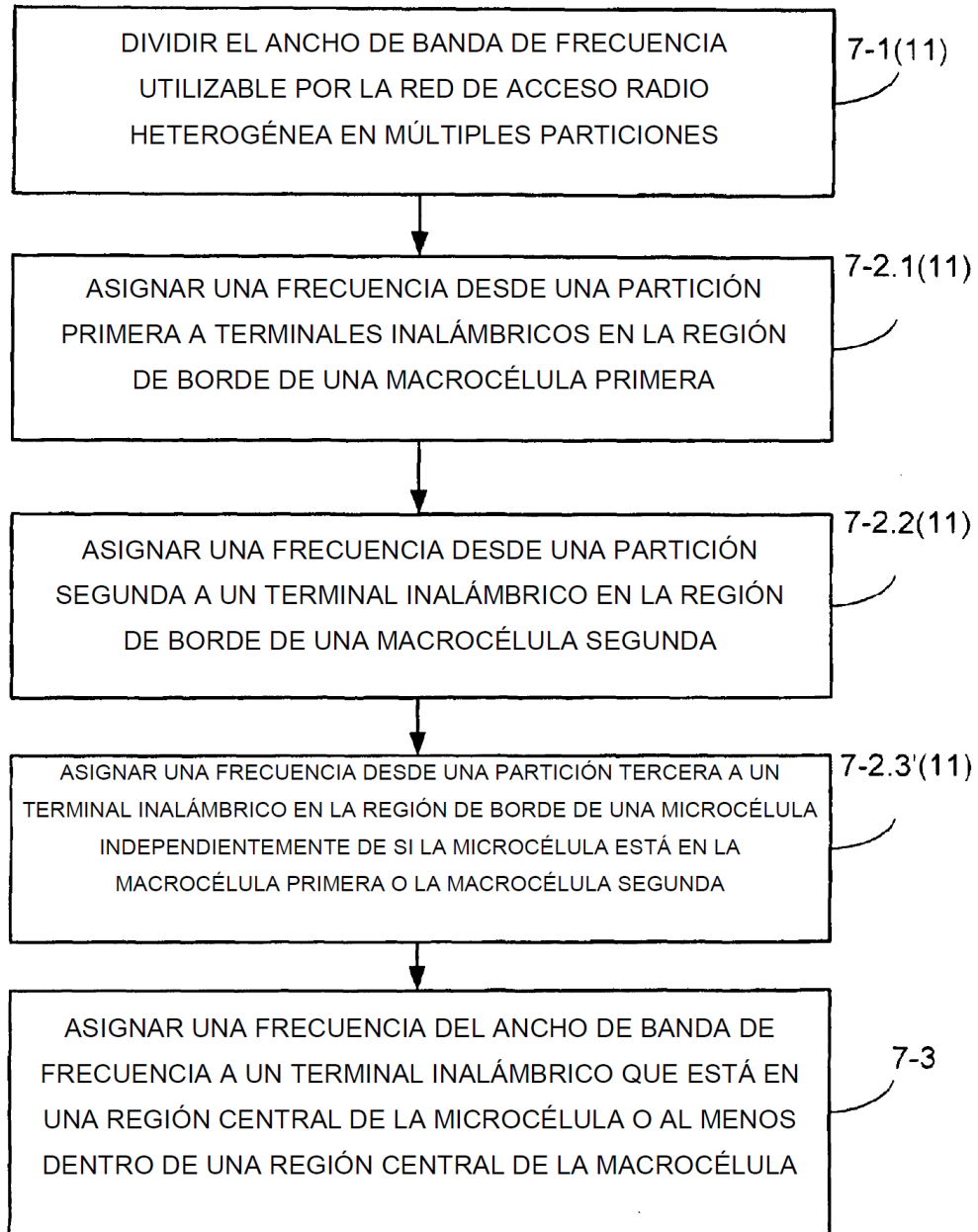


Fig. 11C

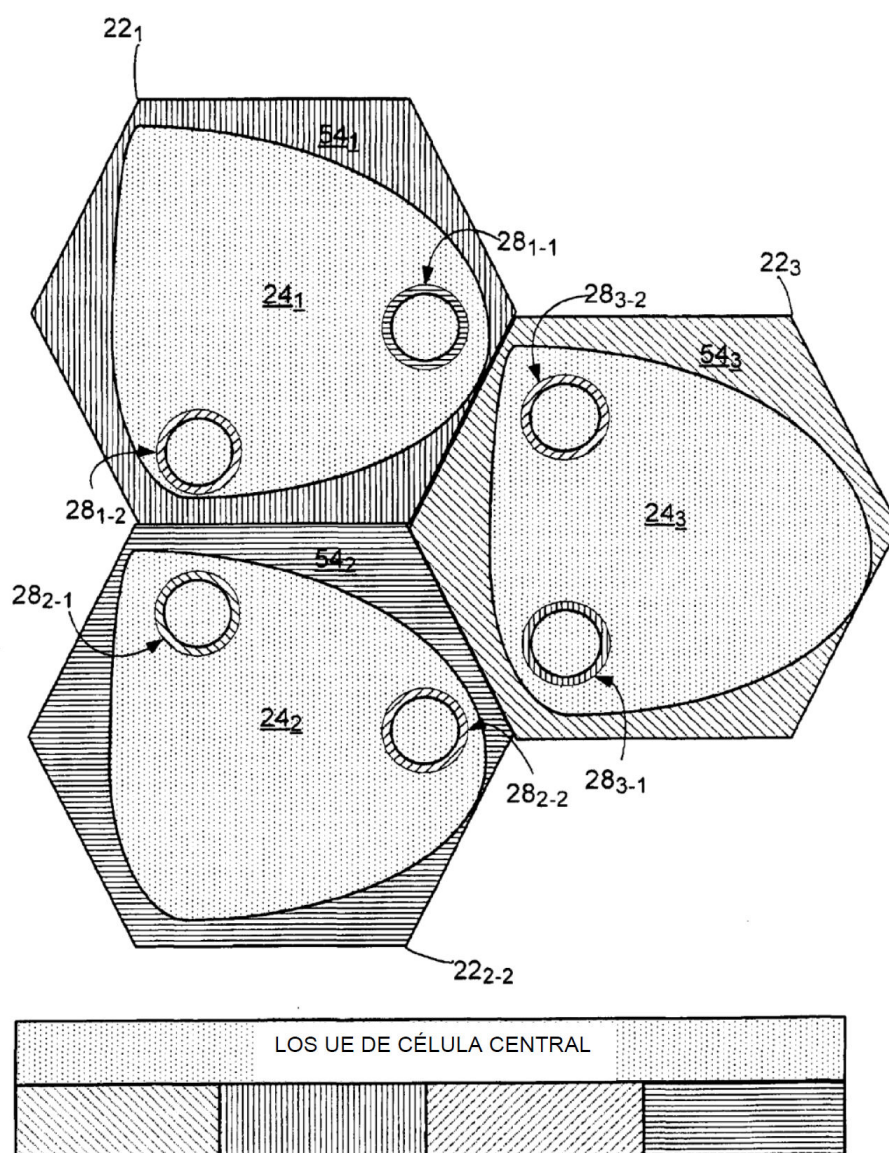


Fig. 12A

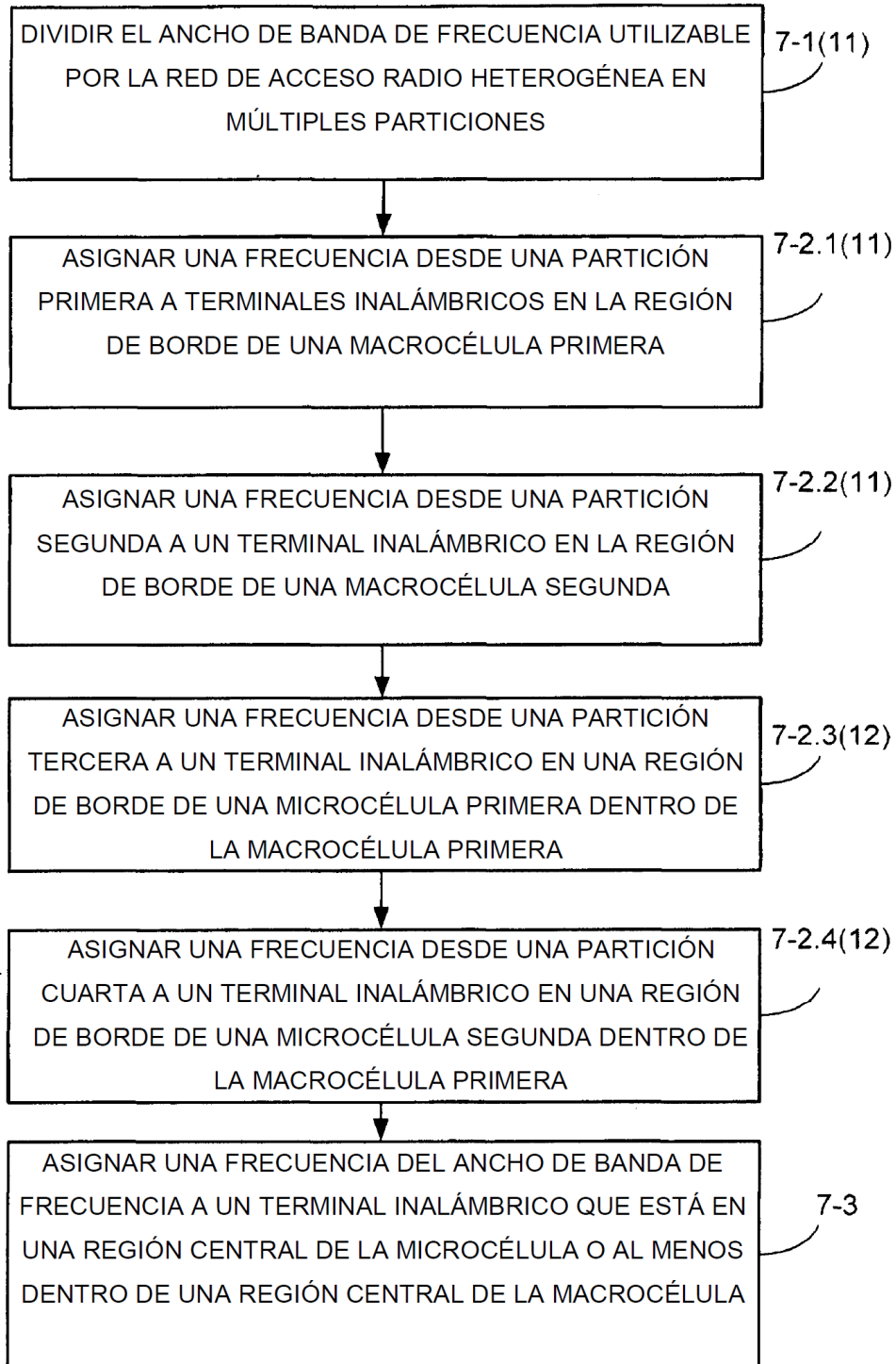


Fig. 12B

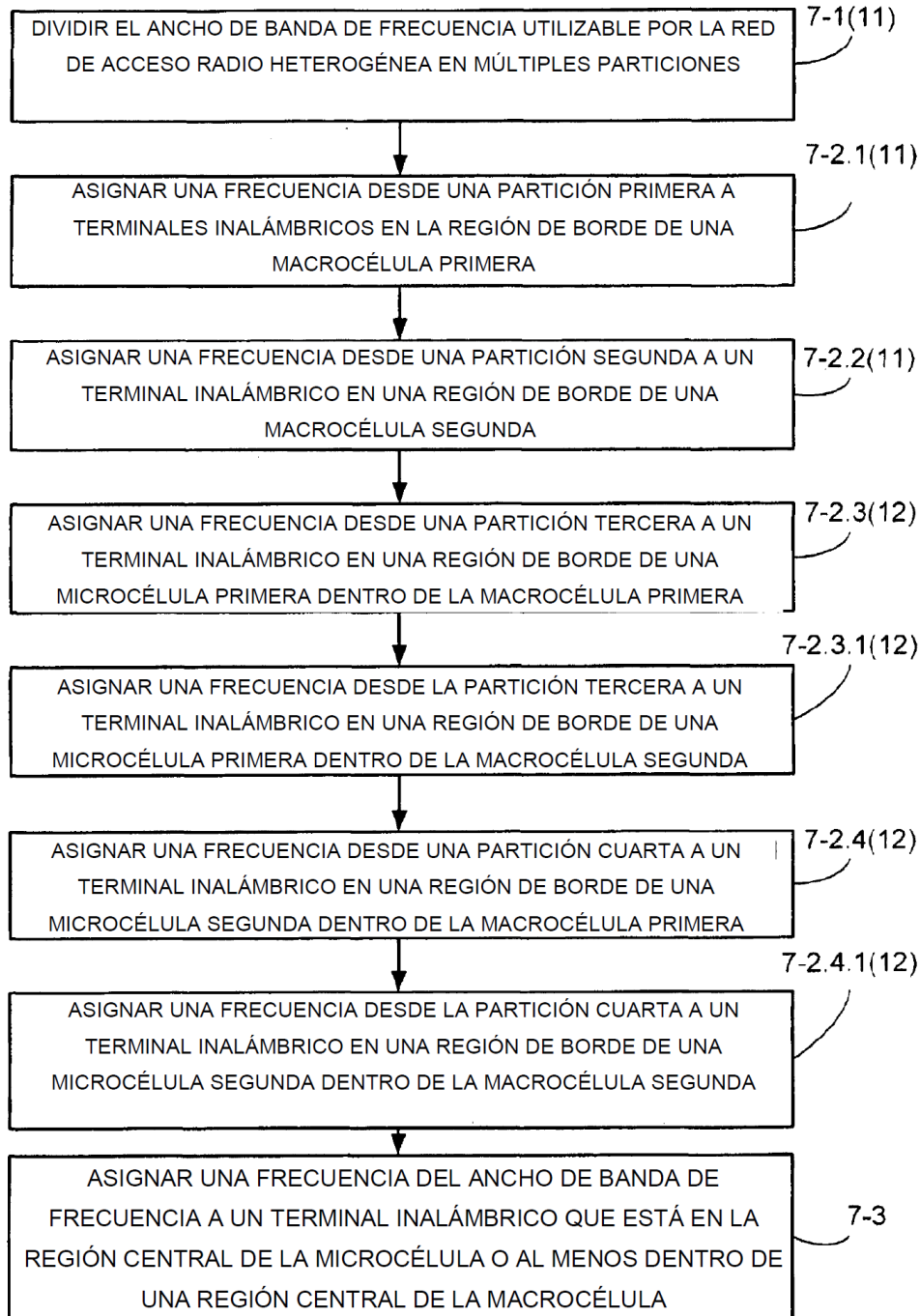


Fig. 12C

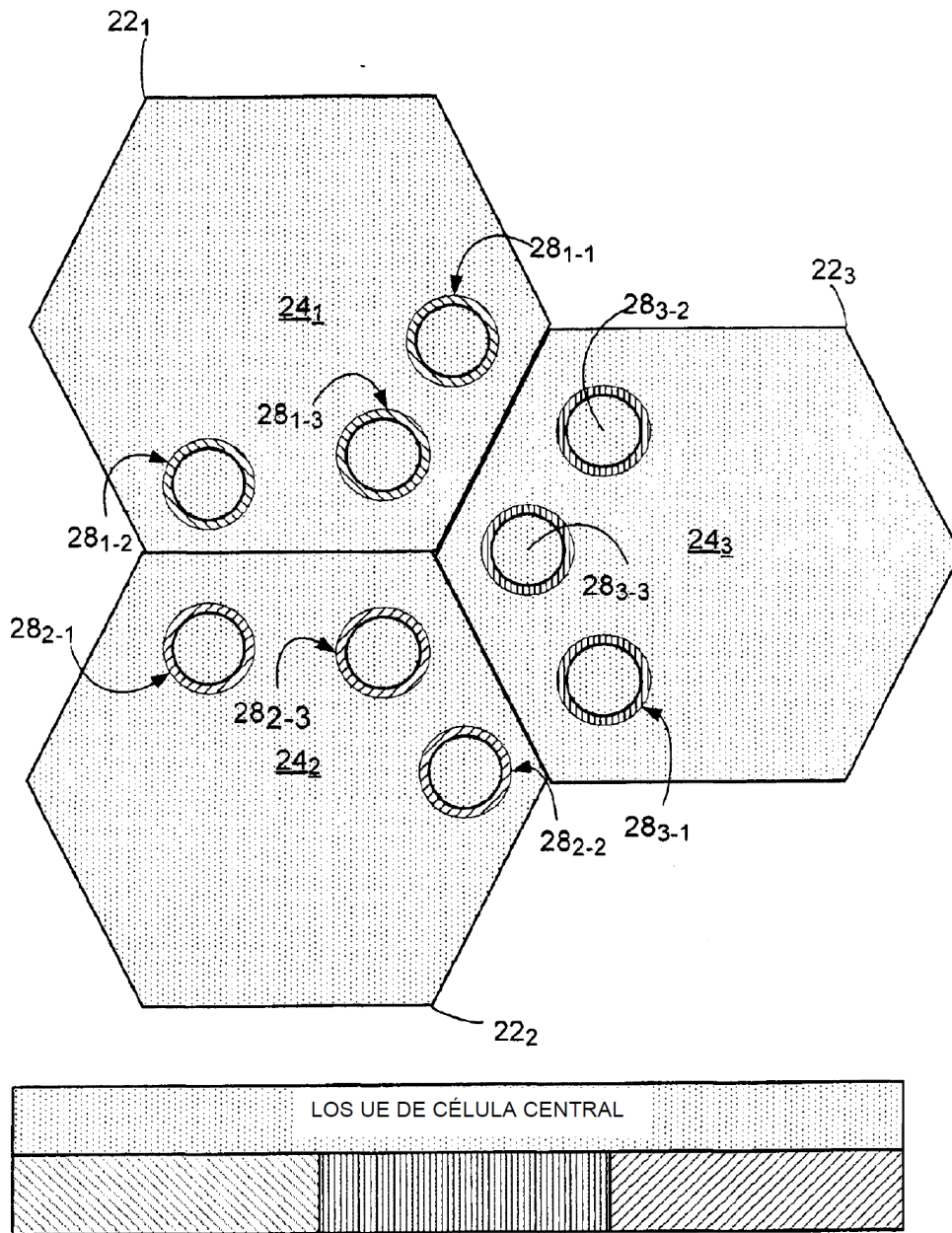


Fig. 13A

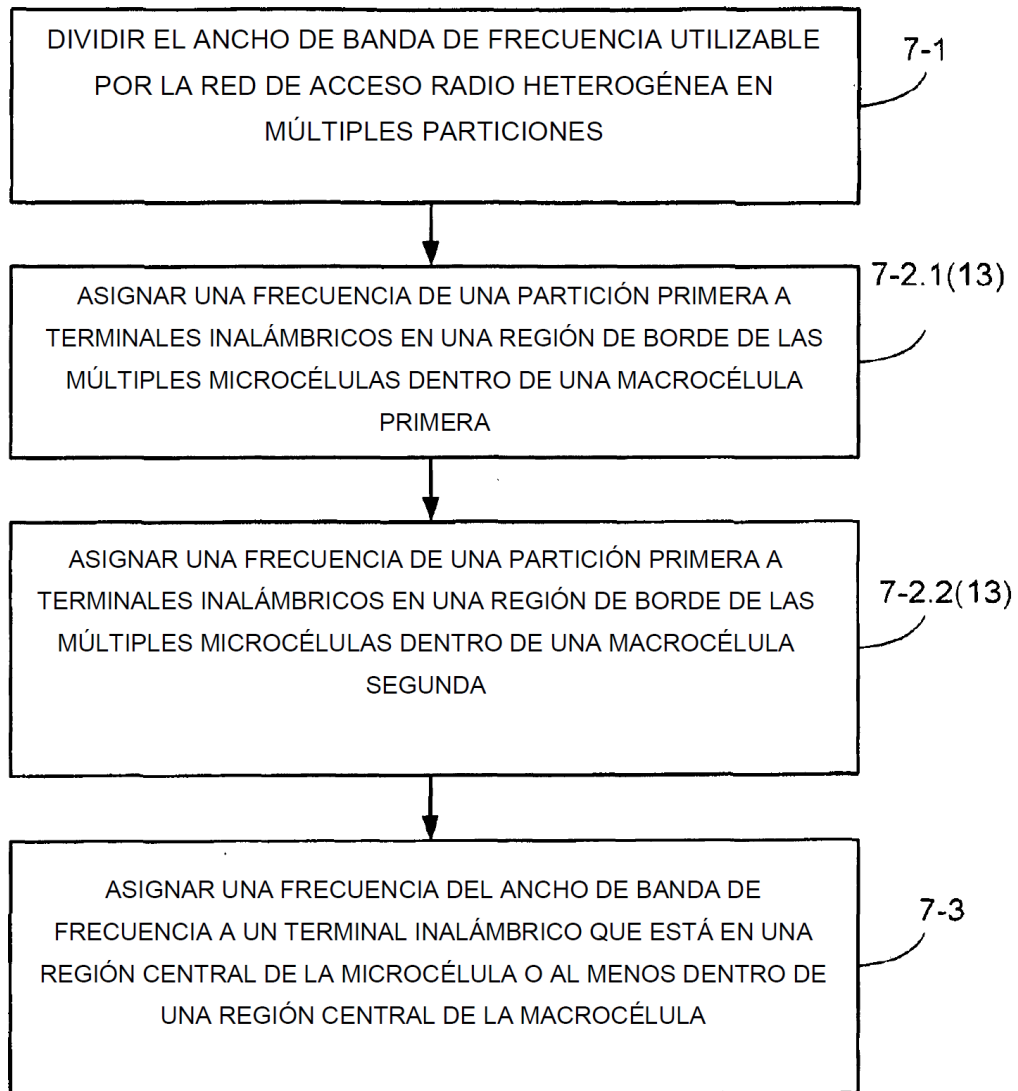


Fig. 13B

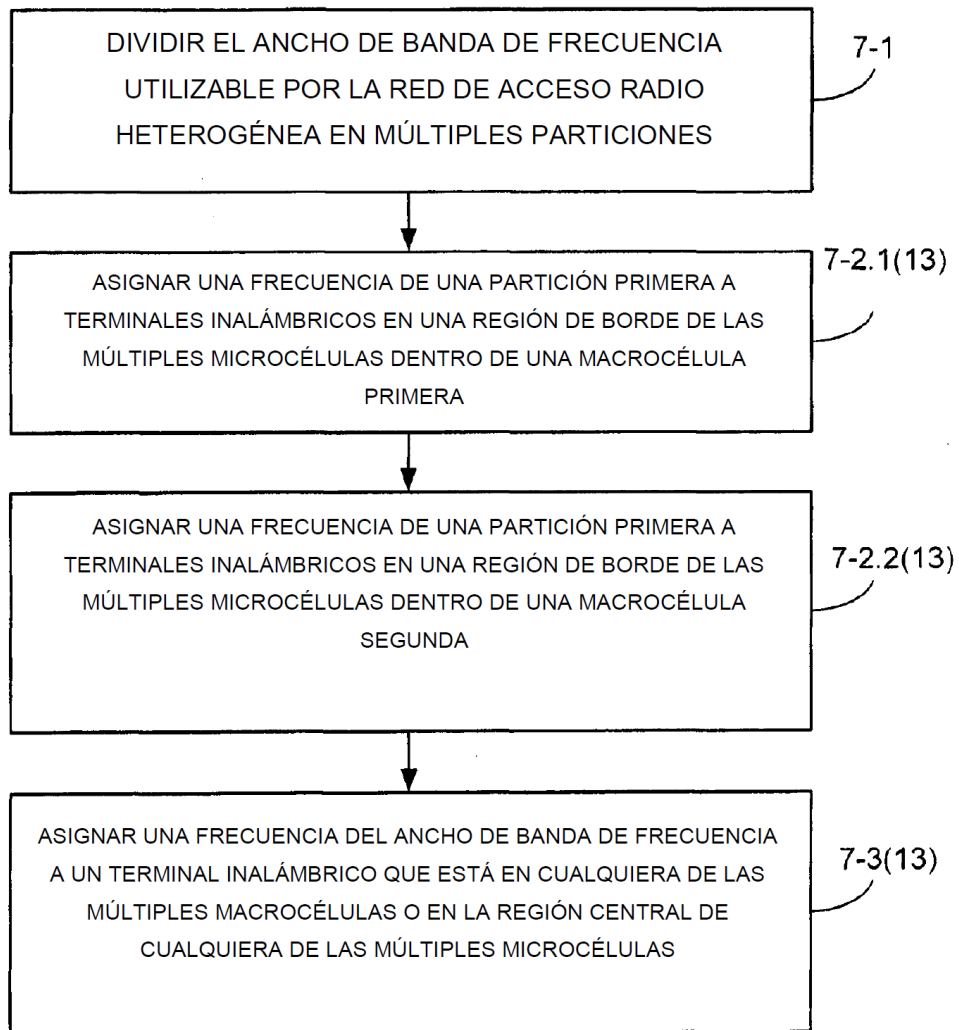


Fig. 13C

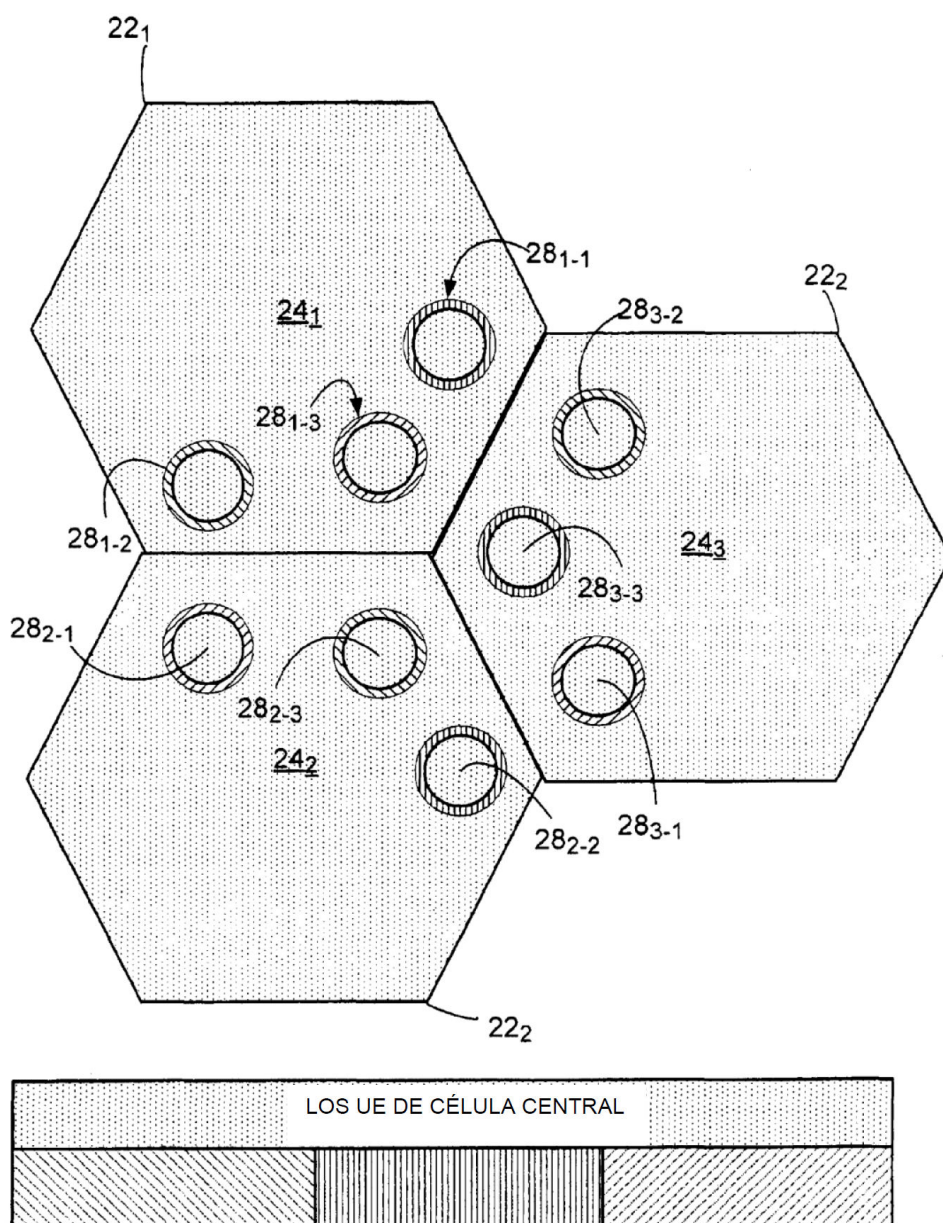


Fig. 14A

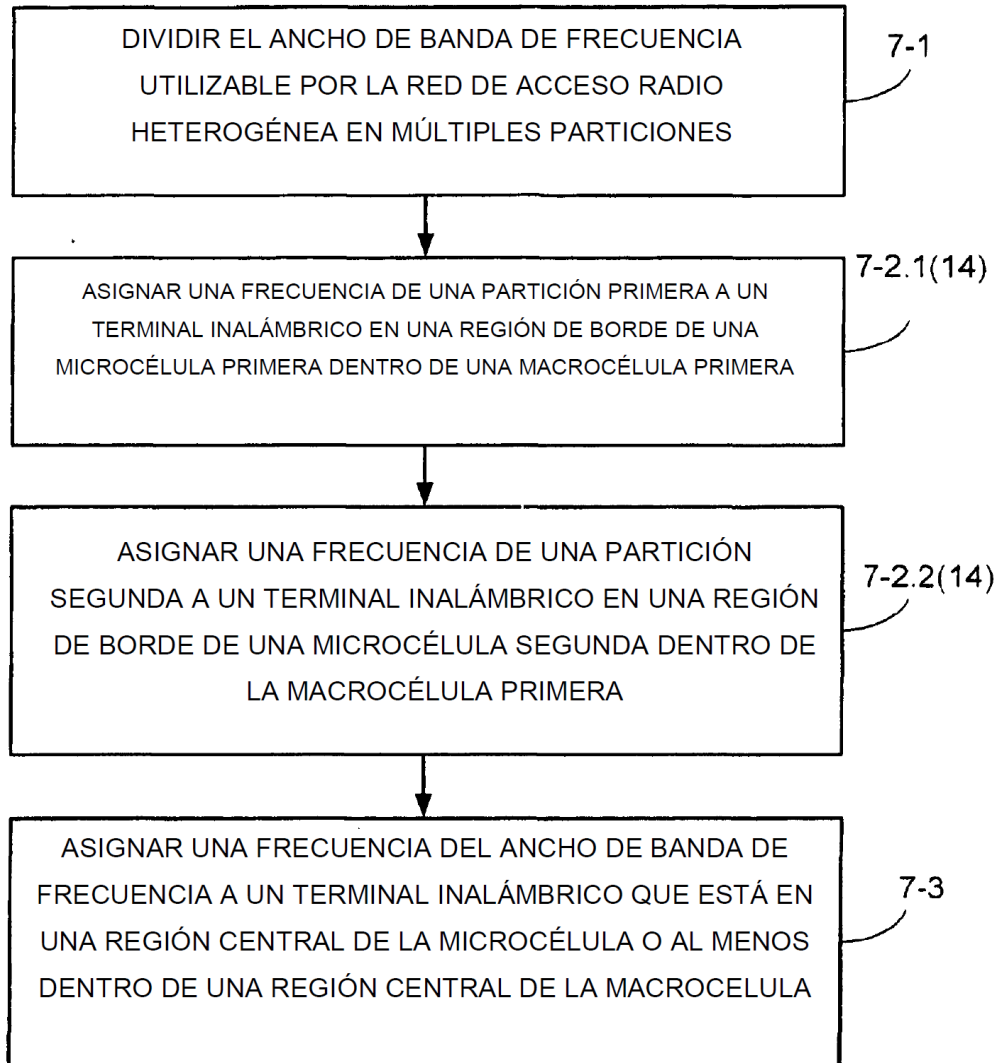


Fig. 14B

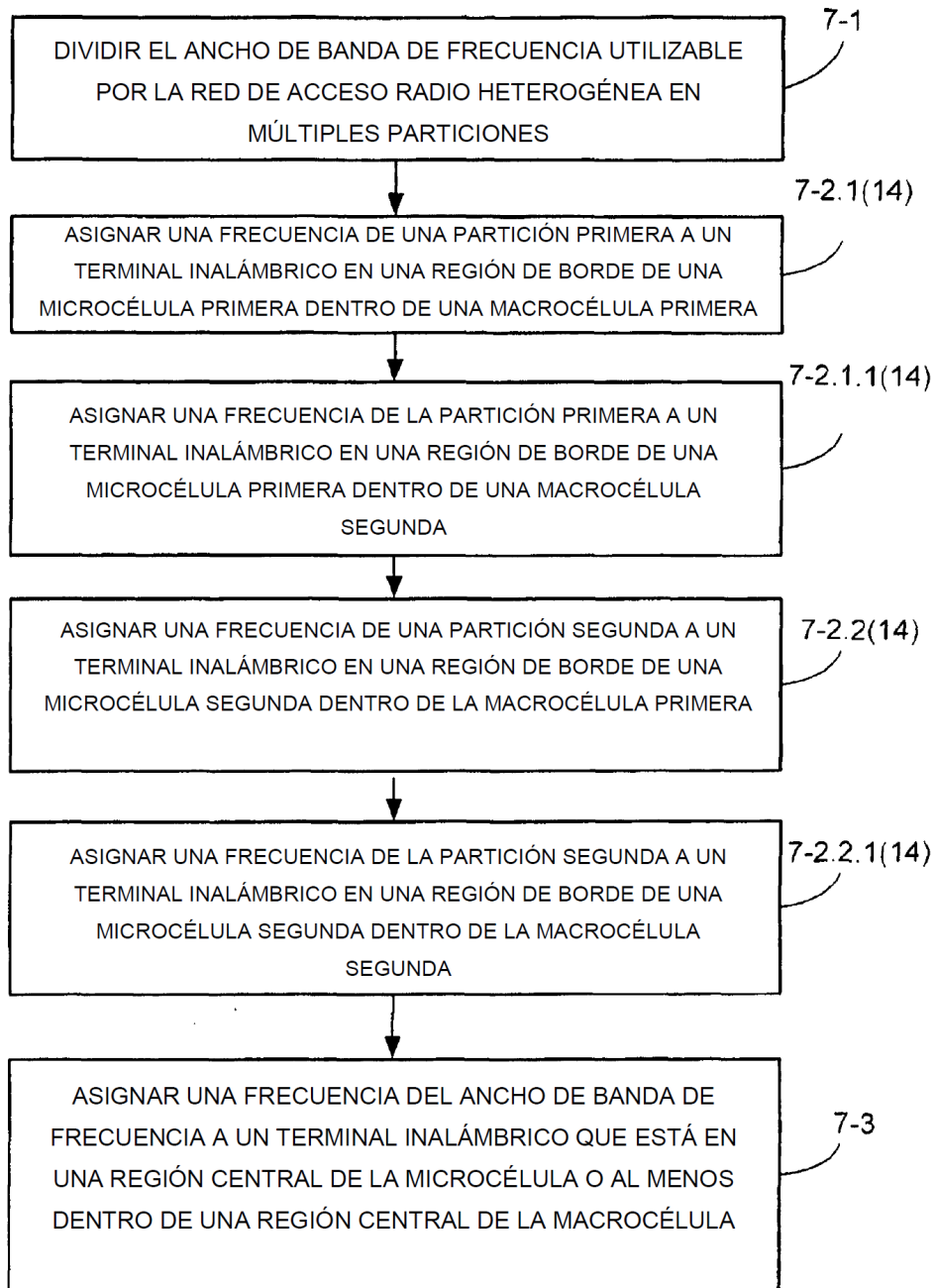
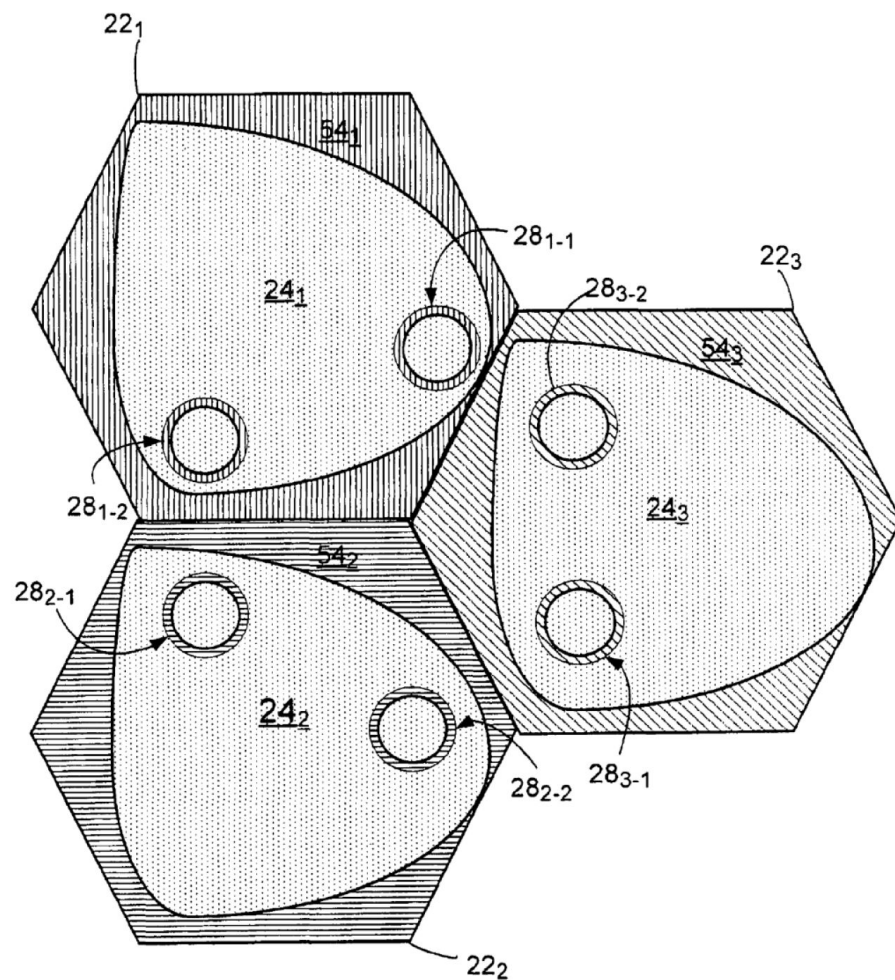


Fig. 14C



LOS UE DE CÉLULA CENTRAL					
B1: SUBBANDA PARA INTERFERIR LOS MACRO UE O LOS UE DE BORDE DE MACROCÉLULA			B2: SUBBANDA PARA LOS UE DE BORDE DE MICROCÉLULA		
B11	B12	B13	B21	B22	B23

Fig. 15

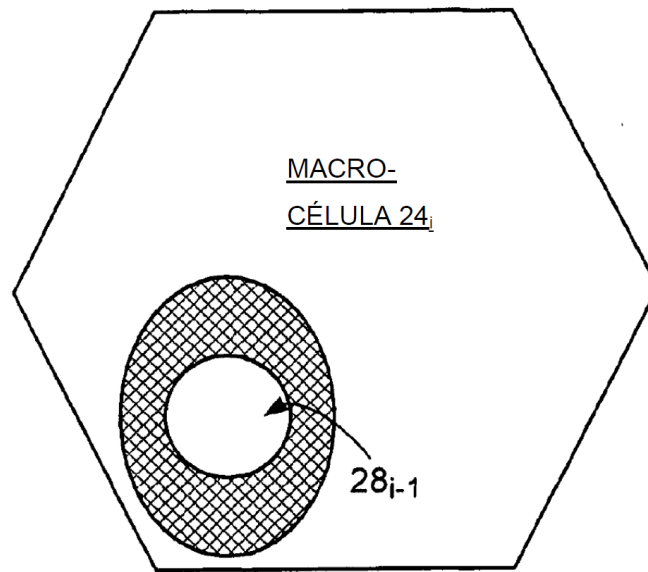


Fig. 15A

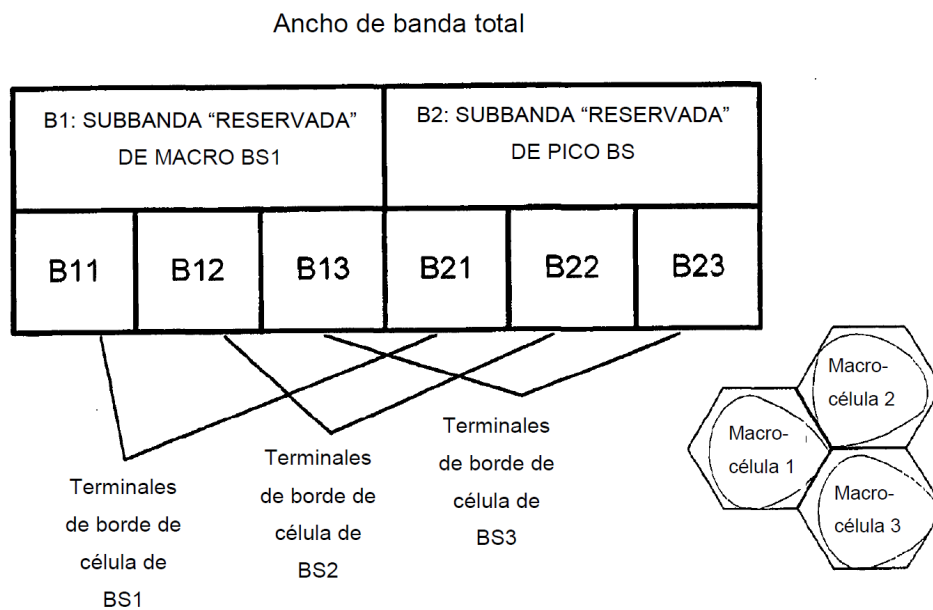
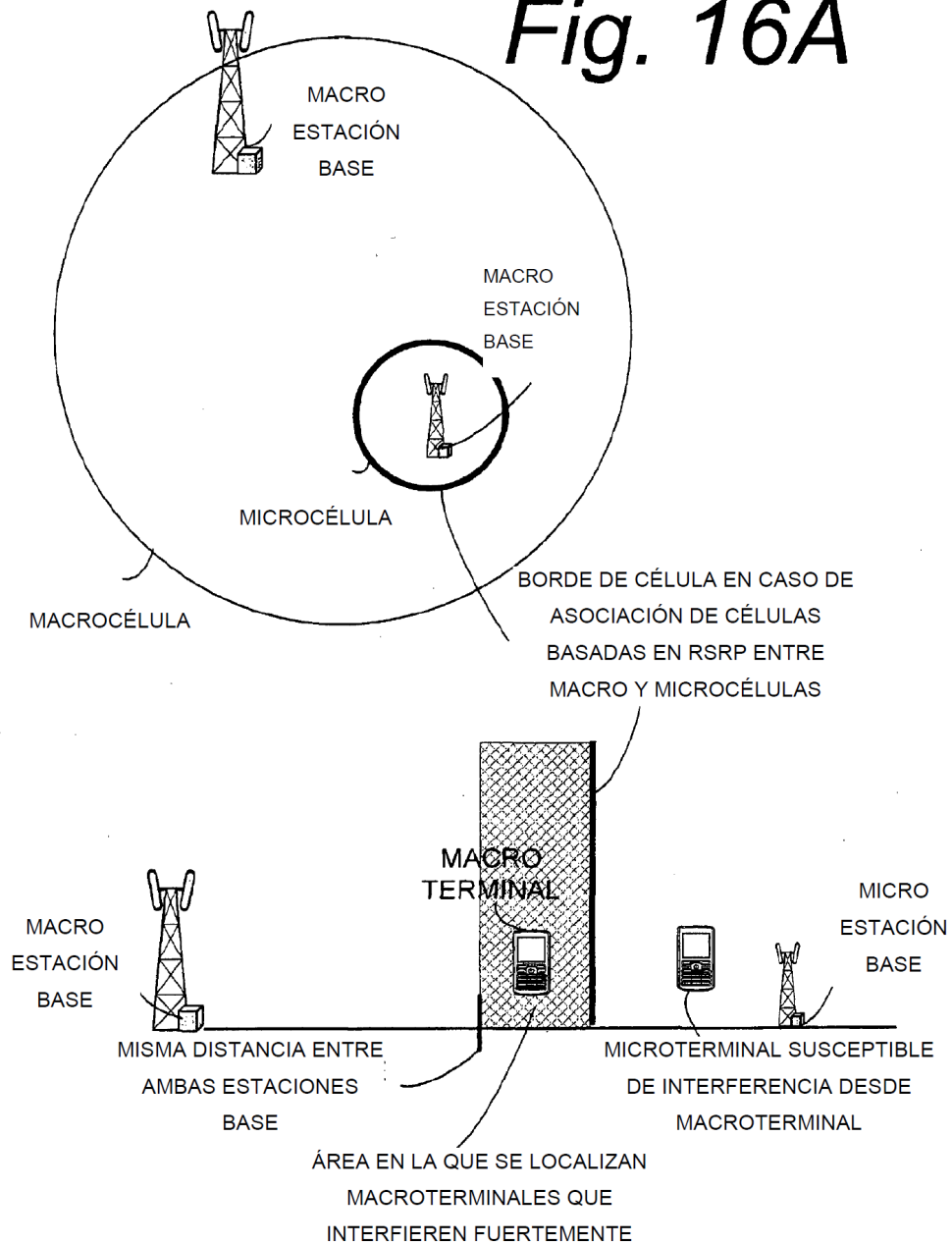


Fig. 16

Fig. 16A



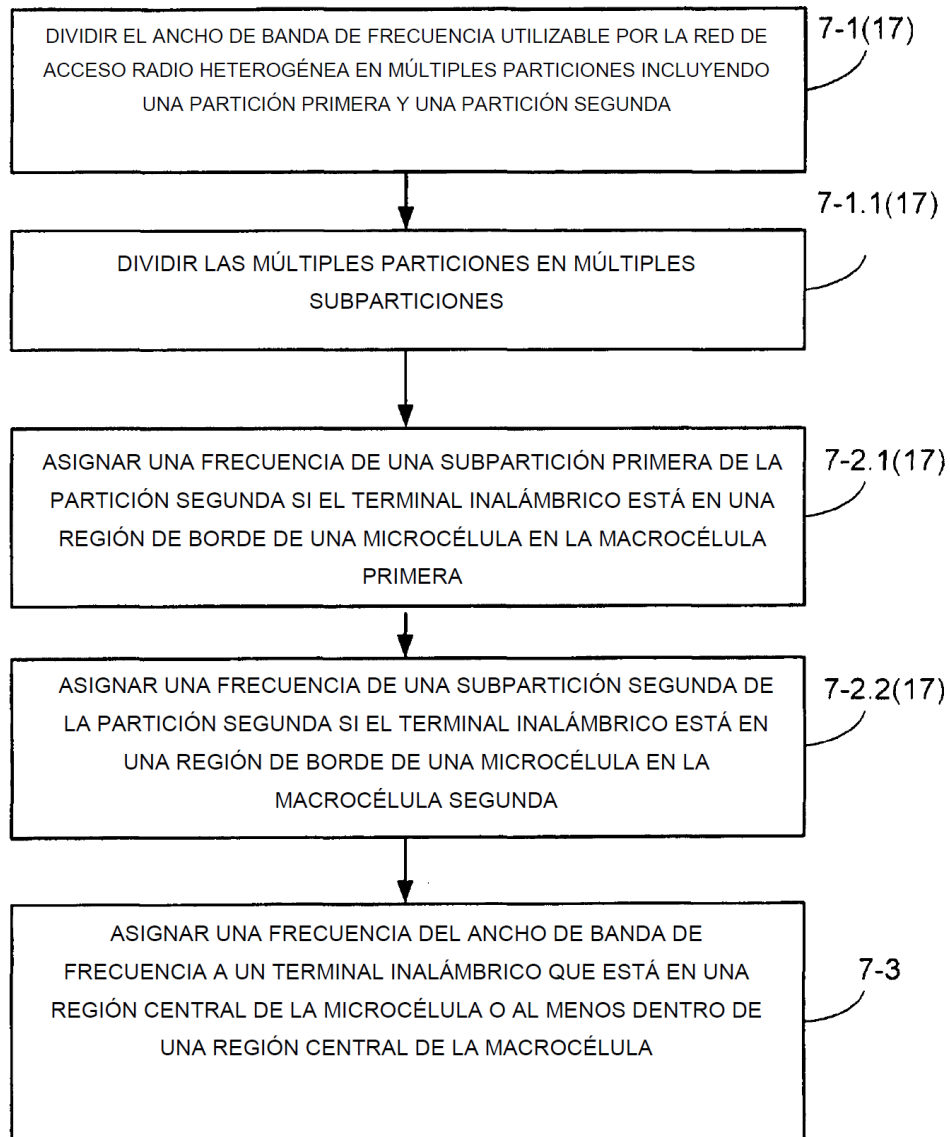


Fig. 17

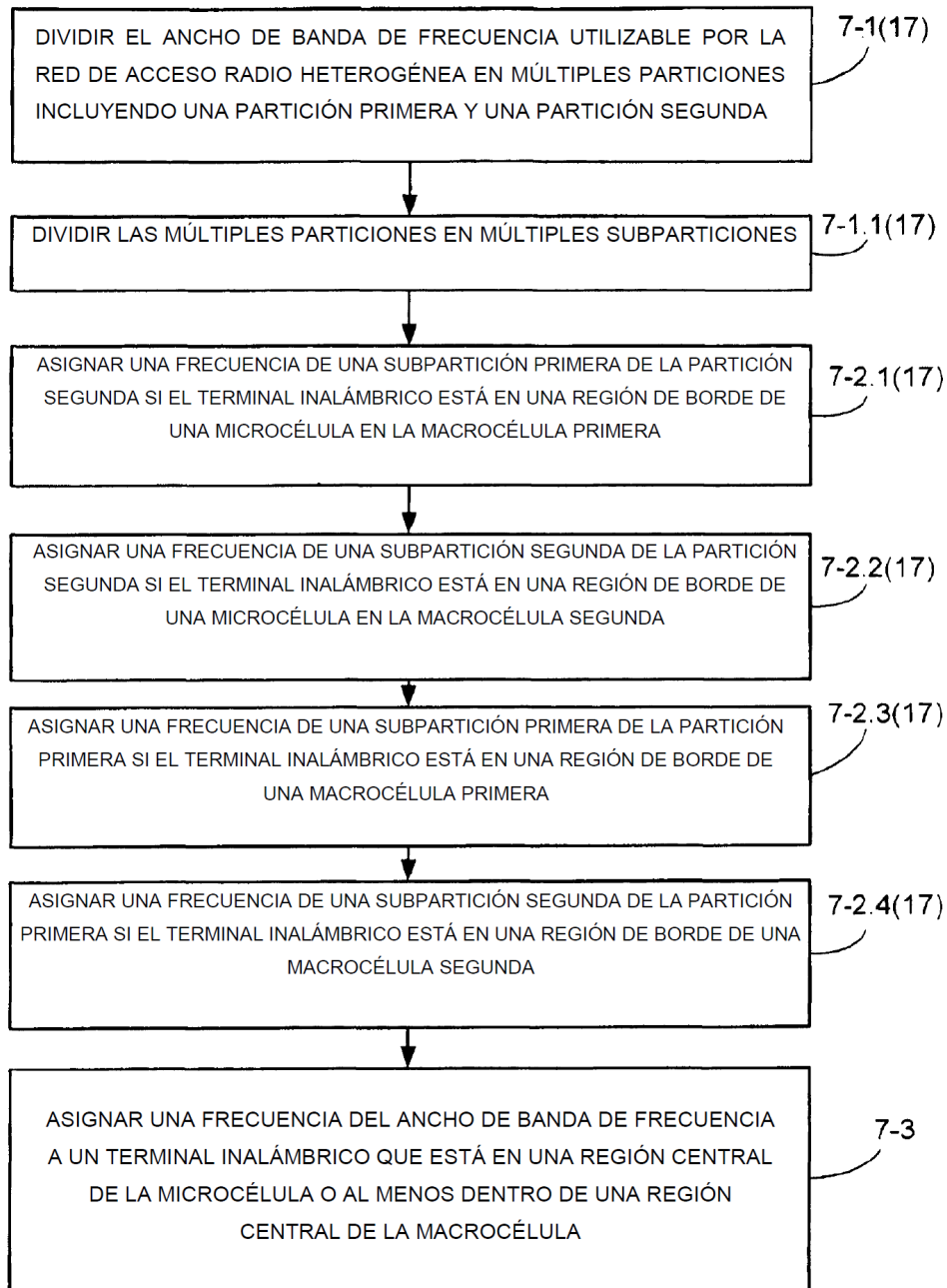


Fig. 17A

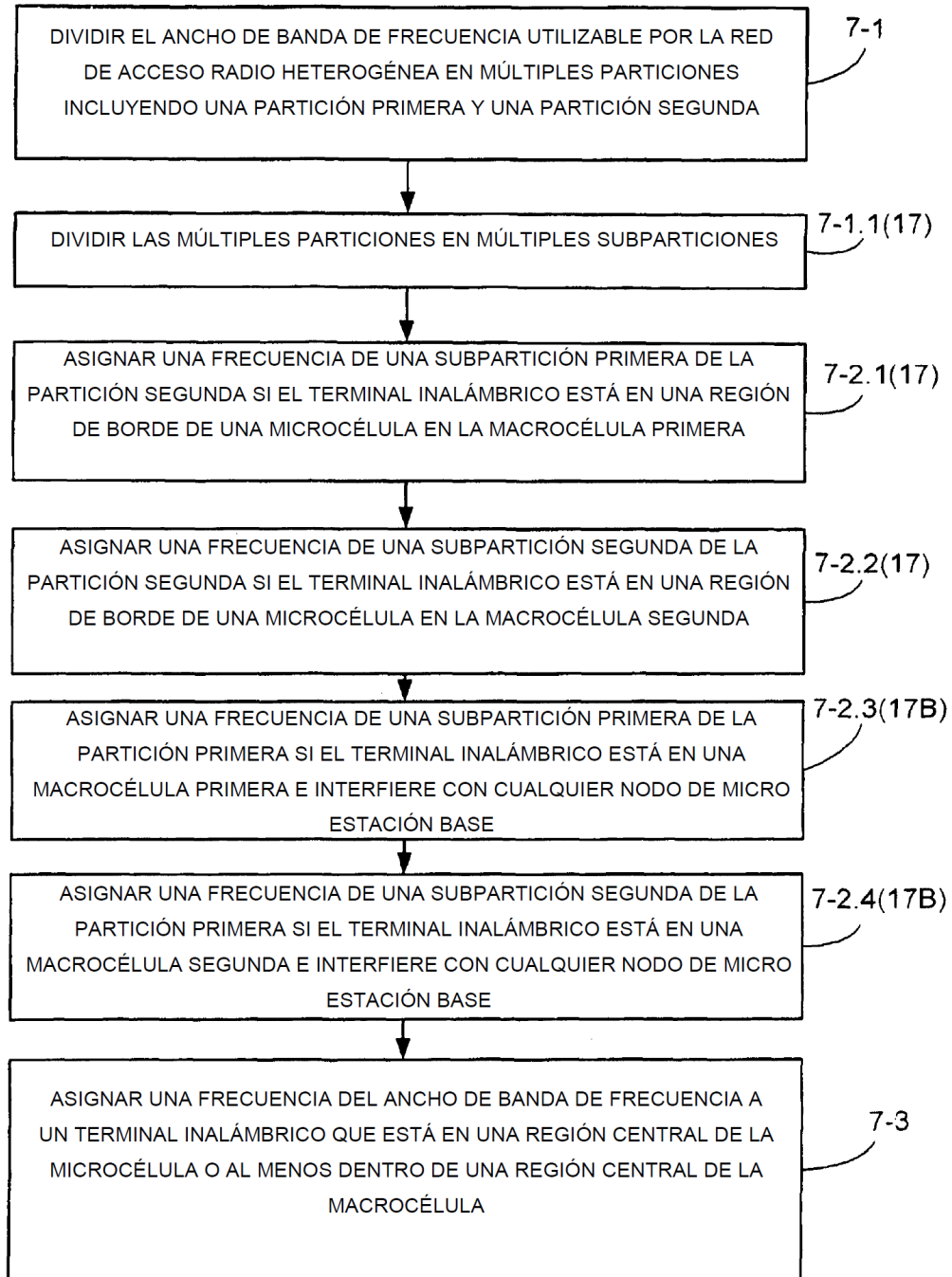


Fig. 17B

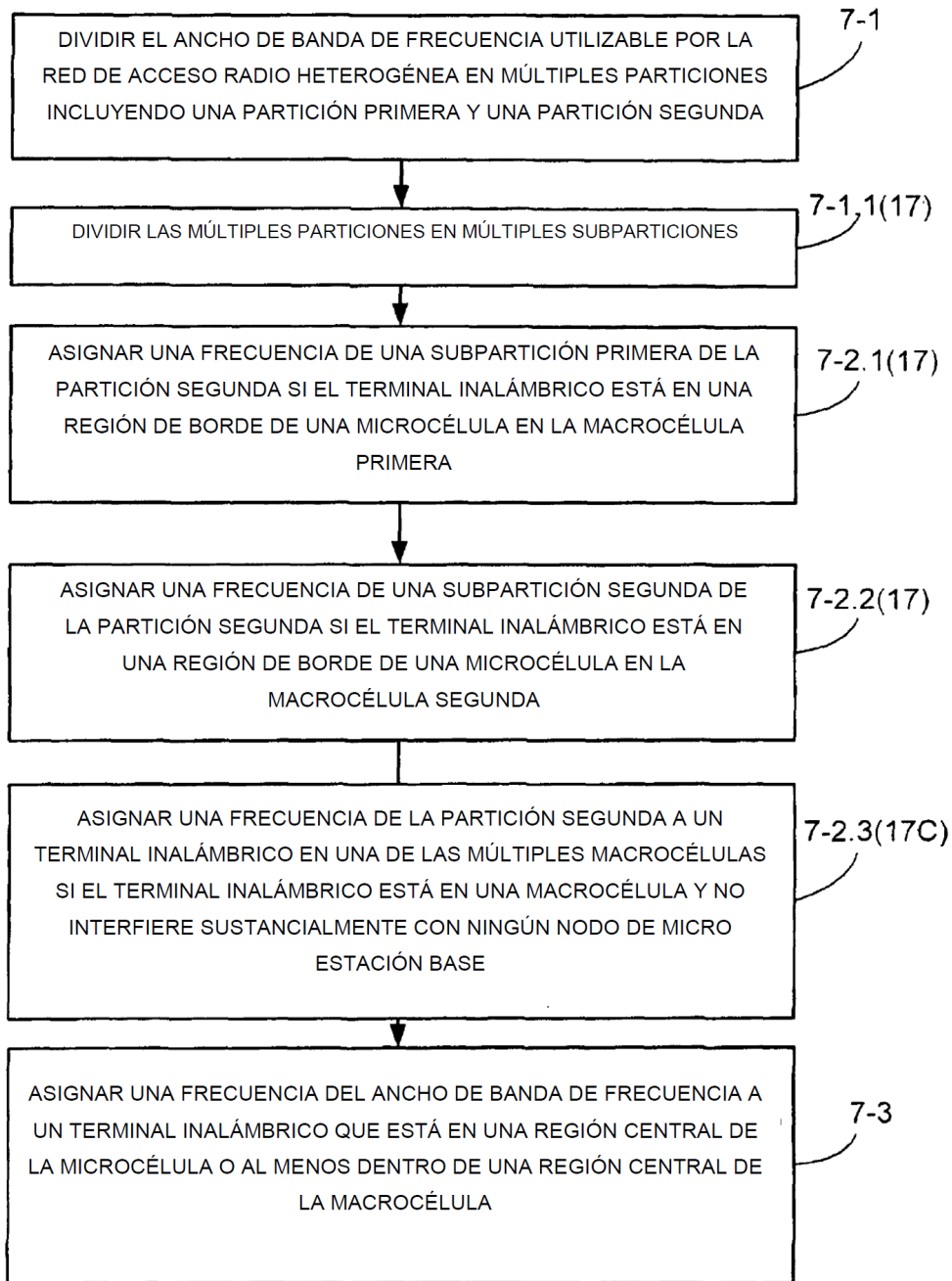


Fig. 17C

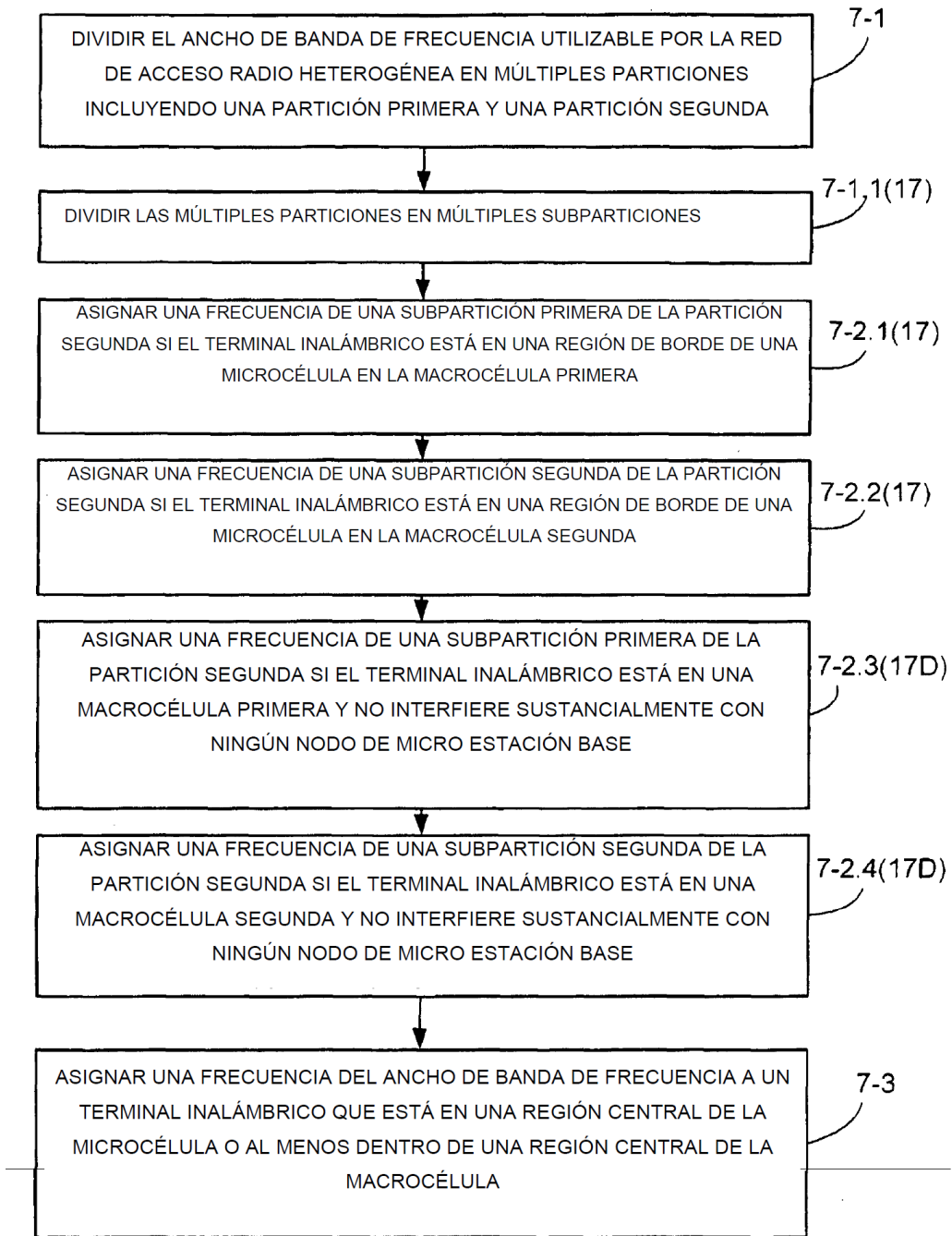


Fig. 17D

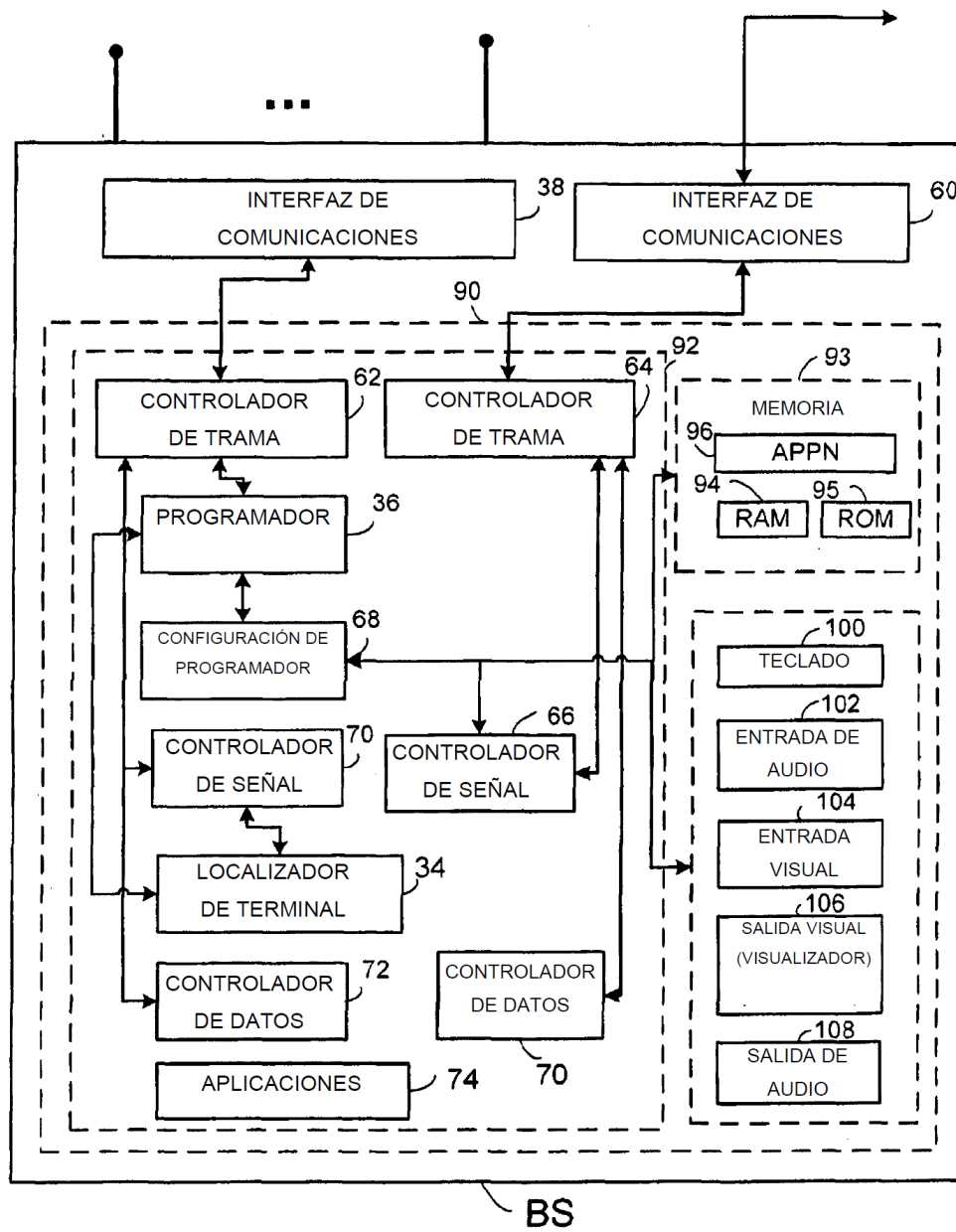


Fig. 18

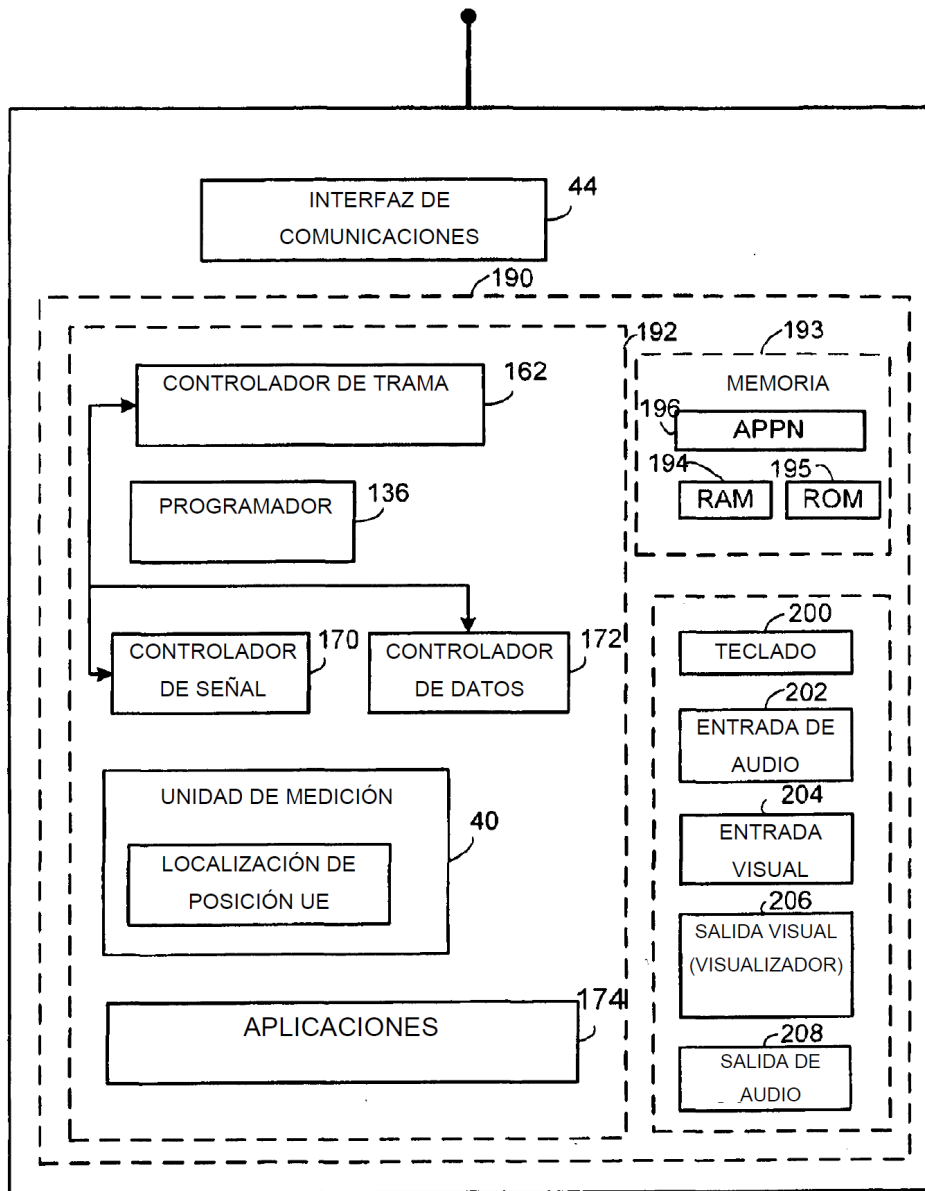


Fig. 19