

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 739 923**

51 Int. Cl.:

H04W 16/26	(2009.01) <i>H04W 36/00</i>	(2009.01)
H04W 12/00	(2009.01) <i>H04W 36/04</i>	(2009.01)
H04W 24/02	(2009.01) <i>H04W 48/20</i>	(2009.01)
H04W 52/04	(2009.01)	
H04W 64/00	(2009.01)	
H04W 76/12	(2008.01)	
H04W 84/04	(2009.01)	
H04W 88/04	(2009.01)	
H04W 88/16	(2009.01)	
H04W 16/32	(2009.01)	

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **13.10.2015 PCT/EP2015/073701**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **21.04.2016 WO16059064**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.10.2015 E 15781061 (5)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.04.2019 EP 3207756**

54 Título: **Sistema de telecomunicaciones para retransmitir cobertura celular**

30 Prioridad:

13.10.2014 EP 14382390	05.12.2014 EP 14382499
05.12.2014 EP 14382497	26.12.2014 EP 14382572
26.12.2014 EP 14382571	02.02.2015 EP 15382033
02.02.2015 EP 15382031	19.06.2015 EP 15382323
30.07.2015 EP 15382400	30.07.2015 EP 15382402
30.07.2015 EP 15382399	18.09.2015 EP 15382454
18.09.2015 EP 15382455	

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
04.02.2020

73 Titular/es:

**VODAFONE IP LICENSING LIMITED (100.0%)
The Connection, Newbury
Berkshire RG14 2FN, GB**

72 Inventor/es:

**MURRAY, ERIC;
COSIMINI, PETER;
DEL BO, MARCO;
MONEDERO, JAVIER;
ELBASYOUNY, TAREK y
VAZQUEZ, MARIA**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 739 923 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

Sistema de telecomunicaciones para retransmitir cobertura celular

Campo de la descripción

5 Esta descripción se refiere a un sistema de telecomunicaciones. En particular la descripción se refiere a un sistema de telecomunicaciones que proporciona comunicaciones inalámbricas de área extensa en redes de telecomunicaciones celulares que usan dispositivos móviles como estaciones base móviles para retransmitir señales celulares.

Antecedentes de la invención

10 Las redes de telecomunicaciones celulares proporcionan de manera característica "celdas" de cobertura de radiocomunicación entre dispositivos de comunicación (que son típicamente móviles) y una red central (con un "enlace descendente" desde la red central al dispositivo de comunicación y un "enlace ascendente" en la dirección opuesta).

15 Se implementan diversas tecnologías de acceso por radio (RAT): las redes celulares digitales actualmente son las más comunes y éstas se clasifican libremente como tecnologías de segunda generación (2G), de tercera generación (3G), de cuarta generación (4G), etc., según si la RAT logra comunicaciones de datos eficaces que cumplen con los requisitos cada vez más desafiantes. Al cumplir con estos requisitos, las tecnologías hacen diferentes usos del ancho de banda de radiofrecuencia (RF) disponible: las celdas vecinas en las tecnologías 2G, por ejemplo, se despliegan de modo que usen ancho de banda de RF en diferentes frecuencias para evitar interferencias.

20 Para asegurar una cobertura eficaz de un área geográfica grande, una pluralidad de celdas se proporciona por los nodos de red respectivos, a los que se hace referencia, de manera diversa, como estaciones transceptoras base y estaciones base. Las estaciones (transceptoras) base están asociadas con una o más agrupaciones de antenas que a su vez establecen las celdas respectivas. Se controlan al menos en parte por otras entidades en la red central conocidas como controladores (en tecnologías 3G tales como UMTS, se hace referencia a éstas como controladores de red de radio, RNC). Más recientemente, ciertas categorías de estaciones transceptoras base, a las que se hace referencia como eNodosB o eNB en el contexto de LTE, implementan tanto una funcionalidad de estación base como al menos alguna funcionalidad de controlador. Las agrupaciones de antenas (y, de este modo, a menudo, las estaciones base) se distribuyen geográficamente, de modo que la cobertura de cada celda normalmente se superponga con la de las celdas vecinas solamente en el borde de la celda. Las RAT aspiran a asegurar que los dispositivos de comunicación se doten con cobertura continua, incluso si se están moviendo desde la cobertura de una primera celda hasta la de una segunda a través de la región del borde de la celda: para hacer esto, usan una técnica de reelección a la que se hace referencia como "traspaso" (o "transferencia"). La transferencia se describe como "suave" cuando el procedimiento permite un período de transición durante el cual el control y/o el tráfico de datos de usuario destinado a un dispositivo de comunicación dado se encamina al dispositivo a través de más de una de las celdas, en otras palabras, se permite al dispositivo "acampar" en más de una celda.

35 Proporcionar dispositivos de comunicación con cobertura en el borde de la celda típicamente requiere más recursos de red; por ejemplo, la potencia de transmisión necesita ser mayor en el enlace descendente con el fin de que la señal de RF se propague al borde de la celda.

40 La versión '99 del Estándar W-CDMA habilitó la reutilización de la misma frecuencia en el borde de la celda con un traspaso suave (es decir, un traspaso que tiene una fase de transición en donde un terminal acampa eficazmente tanto en la celda de origen como la de destino).

No obstante, en versiones posteriores de RAT 3G, HSDPA, por ejemplo, ha eliminado principalmente en el enlace descendente el concepto de traspaso suave: los datos se transmiten desde solamente una celda al terminal.

45 En muchas partes del mundo, se despliegan RAT 4G (tales como las conformes con los estándares del 3GPP conocidos como Evolución a Largo Plazo (LTE)). Como estas últimas versiones de 3G, LTE usa la reutilización de frecuencia universal (donde celdas suficientemente alejadas operan en la misma frecuencia) sin transferencia suave. En consecuencia, se pueden esperar altos niveles de interferencia y baja SINR (relación señal a interferencia más ruido) cerca del borde de la celda. Esto supone que los usuarios en el borde de la celda en LTE (y HSDPA, etc.) requieren más recursos de radio (es decir, bloques de recursos del plano de usuario, bloques de recursos del canal de control, etc.) que los usuarios más cercanos a las estaciones transceptoras base de servicio (es decir, eNB). Por consiguiente, el potencial para que la celda se vea afectada aumenta cuando hay un aumento en el número y la actividad de los usuarios en/cerca del borde de la celda.

55 LTE también se especifica para manejar diferentes tipos de entidades de estación transceptora base. El requisito para la cobertura de comunicaciones celulares está lejos de ser uniforme a través de un área geográfica típica. Además, las características naturales o las características del entorno construido introducen restricciones adicionales a la operación de las entidades de estación base.

La clase más prevalente de estación transreceptora base es el eNB de área extensa que proporciona cobertura sobre una extensión geográfica amplia (que abarca distancias de hasta 20 km), esto se denomina algunas veces tipo "macro (capa) eNB". Tales eNB a menudo proporcionan más de una "celda" o sector.

5 Las estaciones transreceptoras base de potencia de transmisión más limitada que los macro eNB, y, típicamente, que proporcionan una celda o sector, se conocen como micro eNB.

10 Las celdas más pequeñas se pueden proporcionar por dispositivos de potencia incluso menor: eNB de área local (o estaciones base de picoceldas) y eNB domésticos (o estaciones base de femtoceldas). Se hace referencia algunas veces a las femtoceldas y picoceldas resultantes de manera general como "celdas pequeñas". Estas clases de estaciones transreceptoras base se usan típicamente en áreas donde la cobertura sería de otro modo inadecuada o incómoda de mantener usando el equipo de eNB convencional. La distinción principal entre los eNB de área local y domésticos es que, en el caso de los eNB domésticos, la localización y el control del dispositivo está con el usuario final más que el operador de red; estos dispositivos ofrecen convencionalmente servicios de comunicación a una "lista blanca" de usuarios domésticos en lugar de cualquier abonado de red que ocurre que está dentro de la cobertura.

15 LTE tiene una arquitectura jerárquica de modo que una capa de cobertura de área extensa (la macro capa) puede superponer o abarcar regiones geográficas dentro de la cobertura de celdas más pequeñas (la "micro capa"). Sin embargo, puede haber una preferencia en nombre del operador de la red de tener tráfico de enlace ascendente y/o de enlace descendente para ciertos dispositivos repartido a la micro capa; para liberar capacidad en la macro capa para dispositivos que están fuera de la cobertura de la micro capa, por ejemplo.

20 Los operadores de redes desean mejorar la eficiencia del uso de sus redes en o cerca de los bordes de las celdas.

Es conocido abordar el problema del borde de la celda:

- 25 • Aumentando el rendimiento en el borde de la celda, por ejemplo, añadiendo software cada vez más complejo en las macro celdas para mejorar el rendimiento del borde de la celda (normalmente dentro del área de la programación coordinada entre celdas adyacentes). En ciertos casos, tales como para la característica de CoMP (Punto Múltiple Coordinado) descrita en la Versión 11 del 3GPP, el rendimiento mejorado del borde de la celda trae consigo la necesidad de antenas de transmisión (Tx) y de recepción (Rx) dedicadas asociadas con uno o más macro eNB.
- Instalando Celdas Pequeñas fijas (es decir, eNB de área local) para aumentar la capacidad del sistema.

30 La instalación de celdas pequeñas fijas por un operador de red trae consigo la carga de encontrar ubicaciones adecuadas, pagar el alquiler del sitio y desplegar cables adicionales para conectar las Celdas Pequeñas fijas a otros nodos de la red. Además, la instalación y la puesta en servicio (incluyendo la configuración) de celdas pequeñas fijas lleva tiempo: incluso si se usa un enlace de retroceso inalámbrico en lugar de cables, las celdas pequeñas fijas necesitan ser instaladas en una posición adecuada y configuradas para su operación en esa localización. En algunos casos, este proceso puede incluir la configuración y la prueba de antenas direccionales asociadas con tales dispositivos de celda pequeña que requieren las habilidades de un ingeniero de radio profesional. Además, cuando el dispositivo de celda pequeña falla o de otro modo requiere dar servicio al dispositivo y el sitio de instalación necesita ser accesible por el operador: dado que estos dispositivos son típicamente propiedad del operador de red pero están situados en terrenos privados y en localizaciones algunas veces inaccesibles, es probable que haya obstáculos logísticos y prácticos para la intervención de uno de los ingenieros del operador.

40 Los estándares LTE (Versión 10 (y posteriores) del 3GPP) también describen dos entidades de la Red de Acceso por Radio adicionales: retransmisores y repetidores que se pueden usar para abordar el problema de los bordes de la celda. Ambos tipos de entidad proporcionan la extensión de cobertura para una celda de una estación transreceptora base existente.

45 Un repetidor está unido de manera comunicativa a un eNB (típicamente macro) correspondiente, que tiene una primera antena dentro de una celda dada (la "celda donante") del eNB y una segunda antena dirigida hacia un área de cobertura donde se requiere una extensión de cobertura. En ciertos casos, un repetidor meramente retransmite (es decir, vuelve a difundir) una señal, recibida en una primera frecuencia, en una segunda frecuencia, típicamente amplificando la señal repetida. Las señales de enlace ascendente y de enlace descendente se pueden transportar, de este modo, a través de repetidores sin ninguna necesidad de decodificación.

50 Los repetidores especificados en la Versión 10 (y posteriores) de los estándares del 3GPP decodifican la señal (entrante) y entonces recodifican y retransmiten esa señal: se hace referencia a esta nueva clase de repetidor como "retransmisor".

55 Un retransmisor también está unido de manera comunicativa a un eNB correspondiente. También tiene una primera antena dentro de una celda dada (la "celda donante") del eNB y una segunda antena dirigida hacia un área de cobertura objetivo. No obstante, los retransmisores forman sus propias celdas y operan de muchas formas como

estaciones transceptoras base en su propio derecho. Los retransmisores decodifican las señales de la celda donante, aplicando cualquier corrección de errores necesaria, y toman decisiones acerca de cómo se asignan los recursos de radio (tales como los canales dentro de cada subtrama de radio).

5 Hay ciertas condiciones de red en las que los dispositivos de comunicación individuales en redes celulares tienen un efecto perjudicial de manera desproporcionada en el rendimiento de la red.

10 En ciertos casos, por ejemplo, uno o más terminales (también denominados "equipo de usuario" o simplemente UE) pueden estar cerca del borde de una celda de servicio. Un pequeño número de usuarios activos en el borde de la celda puede consumir un número alto de recursos de celda (por ejemplo, bloques de recursos LTE) dado que el borde de la celda típicamente se correlaciona con una cobertura escasa; implicando que un número alto de recursos se debe dedicar a los usuarios del borde de la celda para proporcionar un caudal a un nivel dado cuando se compara con la demanda de recursos por usuarios que están en mejores condiciones de radio (es decir, lejos de los bordes de la celda). Los recursos de radio de servicio para los dispositivos de comunicación en el borde de la celda tienen un coste más alto en términos de asignación de recursos y el uso de energía que un dispositivo similar en una región de la celda más cercana a un sistema de estación transceptora base de servicio (tal como un eNodoB).

15 Cuando se despliegan redes celulares, a menudo se especifican con mayor capacidad de la que se prevé que sea requerida por los dispositivos de comunicación existentes. No obstante, los números de dispositivos de comunicación y la demanda de cada vez más recursos de red supone que la red se puede ver afectada por problemas de capacidad en la interfaz de radio más a menudo de lo que es aceptable.

20 Los planteamientos conocidos para los problemas del borde de la celda buscan aumentar la capacidad o la cobertura de la red celular mediante la adición de equipos de red adicionales en localizaciones en la red donde ocurren (o se prevén) regularmente los problemas del borde de la celda. Tales equipos se fijan típicamente en una localización y requieren una planificación cuidadosa.

25 La red y otras condiciones de rendimiento muy a menudo cambian con el tiempo: por ejemplo, los dispositivos de comunicación individuales que, en virtud de su localización en el borde de la celda y el uso activo de la red, tienen un efecto perjudicial sobre el rendimiento de la red al mismo tiempo, pueden, en otros momentos, estar inactivos y no causar tal efecto. Además, como los UE son típicamente móviles, pueden haberse movido fuera de la celda afectada completamente o más cerca del equipo de la estación transceptora base que sirve a la celda, de cualquier forma, reduciendo el efecto perjudicial.

30 Aunque los estándares LTE definen el concepto de un UE que actúa como retransmisor, la implementación de tal sistema dentro de la red central de LTE puede ser difícil. Los estándares 3GPP requieren que se modifique la RAN de LTE para soportar dispositivos que actúan como retransmisores, lo cual es indeseable para los operadores de red. Los operadores de red pueden elegir, por lo tanto, no implementar el sistema, evitando por ello que los UE actúen como retransmisores cuando se conectan a esas RAN. Por lo tanto, hay una necesidad de un sistema que permita la implementación de retransmisores sin requerir modificaciones a una RAN.

35 Por lo tanto, es deseable asegurar que la red pueda adaptarse a la presencia de efectos dinámicos en la capacidad y la cobertura, y además proporcionar un sistema que permita la extensión de la cobertura en una red celular que se puede desplegar dinámicamente sin requerir el emplazamiento de equipos de radio adicionales cerca de las regiones de cobertura de radio escasa.

40 El documento US 2011/249609 describe un protocolo para su uso en asegurar las comunicaciones en entornos tales como los que emplean nodos de retransmisión.

Compendio de la invención

Según un primer aspecto de la presente descripción, se proporciona un dispositivo de comunicación celular según la reivindicación 1.

El sistema de radio y el sistema de radio de la estación base pueden operar según el mismo estándar celular.

45 El estándar celular puede ser LTE.

La conexión segura se puede establecer a una pasarela de seguridad de la red central celular.

La conexión segura se puede utilizar para transportar enlaces de comunicación S1 entre el sistema de radio de la estación base y la red central celular.

50 Según un segundo aspecto de la presente descripción, se proporciona una red de comunicaciones en línea con la reivindicación 6.

La conexión segura se puede establecer a una pasarela de seguridad de agregador de la red central celular.

La función de seguridad puede utilizar el protocolo de seguridad IPSec.

Según un tercer aspecto de la presente descripción, se proporciona una red central celular en línea con la reivindicación 10. En un cuarto aspecto, se proporciona un método de comunicación entre un dispositivo agregador y una red central celular como se define en la reivindicación 11.

La conexión segura desde el agregador a la red central celular se puede establecer usando el protocolo IPSec.

- 5 La conexión segura se puede utilizar para transportar enlaces de comunicación S1 entre el subsistema de radio de la estación base del dispositivo agregador y la red central celular.

La conexión segura puede habilitar el direccionamiento directo del subsistema de radio de la estación base del dispositivo agregador de la red central celular.

- 10 A continuación, las partes de la descripción y los dibujos que se refieren a realizaciones que no están cubiertas por las reivindicaciones no se presentan como realizaciones de la invención, sino como antecedentes de la técnica o ejemplos útiles para comprender la invención.

- 15 Además, los aspectos anteriores se pueden implementar dentro de una entidad controladora para controlar una facilidad de agregador en una red de telecomunicaciones celular, en donde la red tiene una red central, CN y una red de acceso por radio, RAN, y sirve al menos a un primer dispositivo de comunicación, la entidad controladora que comprende una unidad de interfaz de red configurada para proporcionar una interfaz a la CN y a la unidad controladora configurada: para obtener información de la condición de rendimiento para una región de la red de telecomunicaciones, para determinar si un segundo dispositivo de comunicación proporciona funcionalidad de agregador a dicho al menos un primer dispositivo de comunicación, y para dar instrucciones al segundo dispositivo de comunicación para establecer una conexión de agregación con el primer dispositivo de comunicación en dependencia de la determinación.
- 20

En ciertas realizaciones, las condiciones de rendimiento incluyen condiciones asociadas con un enlace de comunicación entre el o cada primer dispositivo de comunicación y un eNB en la RAN, y la unidad controladora está configurada para determinar si un segundo dispositivo de comunicación proporciona funcionalidad de agregador determinando si las condiciones de rendimiento encajan con las condiciones de desencadenamiento.

- 25 En ciertas realizaciones, la unidad controladora está configurada para dar instrucciones al segundo dispositivo de comunicación para establecer una conexión de agregación asignando un segundo dispositivo de comunicación para operar en el modo de agregador, tras la recepción de una indicación de que las condiciones de rendimiento encajan con las condiciones de desencadenamiento, y ordenando que el primer dispositivo de comunicación conmute al menos una parte de su enlace de datos desde el eNB al segundo dispositivo de comunicación en modo de agregador, en donde el modo de agregador es un modo en el que el segundo dispositivo de comunicación está configurado para agregar tráfico de datos desde uno o más de dichos primeros dispositivos de comunicación.
- 30

- 35 En ciertas realizaciones, las condiciones de rendimiento incluyen condiciones relacionadas con la localización de uno o más segundos dispositivos de comunicación y la unidad controladora está configurada además para obtener información de condiciones de rendimiento repetidamente en intervalos de tiempo y para determinar si un segundo dispositivo de comunicación proporciona funcionalidad de agregador en sucesivas ocasiones, en dependencia de la información de condiciones de rendimiento obtenida de este modo, actualizando por ello la determinación. En ciertas realizaciones, las condiciones relacionadas con la localización de uno o más segundos dispositivos de comunicación indican si cada segundo dispositivo de comunicación es estático durante una duración suficiente para permitir una funcionalidad de agregador eficaz.

- 40 En ciertas realizaciones, la unidad controladora está configurada para activar la unidad de interfaz de red en dependencia de la información de condiciones de rendimiento, activando por ello una capa de agregador en la red de telecomunicaciones. En ciertas realizaciones, los medios de procesamiento están configurados para desactivar la unidad de interfaz de red en dependencia de la información de condiciones de rendimiento, desactivando por ello una capa de agregador en la red de telecomunicaciones.

- 45 En ciertas realizaciones, la información de condiciones de rendimiento incluye información de localización para al menos un primer dispositivo de comunicación y la unidad controladora está configurada además para determinar si un segundo dispositivo de comunicación proporciona funcionalidad de agregador en dependencia de la información de localización para el al menos un primer dispositivo de comunicación.

- 50 En ciertas realizaciones, la entidad controladora corresponde al controlador de agregador en el sistema descrito anteriormente y puede implementar cualquiera de las funcionalidades del controlador de agregador en el sistema descrito anteriormente.

- 55 Además, los aspectos anteriores se pueden implementar junto con un método en una entidad controladora para determinar la funcionalidad de los dispositivos de comunicación en una red de comunicación celular que incluye una pluralidad de dispositivos de comunicación, el método que comprende: obtener al menos una medida del rendimiento de la red de comunicación celular en un área componente de cobertura de radio; determinar a partir de la o cada medida de rendimiento si las condiciones de rendimiento en el área componente de cobertura de radio

soportan la activación de una facilidad de agregador, dicha facilidad de agregador que proporciona cobertura de radio a al menos un primer dispositivo de comunicación dentro de un área geográfica seleccionada; determinar a partir de la o cada medida de rendimiento si se espera un beneficio neto para el rendimiento de la red en el área componente como resultado de la activación de la facilidad de agregador; y controlar la activación de una funcionalidad de agregador en al menos un segundo dispositivo de comunicación cuando las condiciones de rendimiento en el área componente de cobertura de radio soportan la activación de la facilidad de agregador y cuando se espera un beneficio neto.

Como resultado, se puede determinar si una facilidad de agregador (es decir, una capa de agregador), en la cual la cobertura de radio ofrecida por la macro celda se extiende mediante la adición de cobertura de radio de uno o más agregadores, se puede y se debería (según algunos criterios) iniciar. Cada segundo dispositivo de comunicación que llega a ser un agregador tiene una funcionalidad por la cual ese dispositivo puede proporcionar cobertura de radio además de la de la macro celda. Esta funcionalidad de agregador se puede activar como rutina dentro de una aplicación cliente que se ejecuta en el dispositivo de comunicación o como una funcionalidad dedicada, por ejemplo.

En ciertos casos, determinar si se espera un beneficio neto como resultado de la activación de la facilidad de agregador puede incluir determinar si el número de primeros dispositivos de comunicación estáticos situados en una parte del área componente dentro del intervalo de al menos un segundo dispositivo de comunicación excede un número de umbral.

En ciertos casos, determinar si las condiciones de rendimiento soportan la activación de una facilidad de agregador incluye determinar si las condiciones de red necesarias para la activación de una facilidad de agregador se mantienen para un área componente dada de cobertura de radio; y determinar si las condiciones de red suficientes para soportar la activación de una facilidad de agregador se mantienen para el área componente.

En ciertos casos, determinar si se mantienen las condiciones de red necesarias para la activación de una facilidad de agregador incluye al menos una de: determinar si la carga de la celda excede un umbral de carga mientras que el caudal está por debajo de un umbral de caudal mínimo; determinar si el número de usuarios en una región de la celda excede un umbral de número de usuarios, mientras que el caudal para una aplicación dada cae por debajo de un umbral de caudal mínimo; determinar si una métrica de felicidad está por debajo de un umbral de felicidad; y/o determinar si el uso de los recursos de control excede un umbral de recursos de control.

En ciertos casos, las condiciones de red suficientes para la activación de una facilidad de agregador dependen del nivel de al menos uno de los siguientes parámetros: el número de dispositivos de comunicación en el área componente de cobertura de radio; el número de dispositivos de comunicación en el área componente de cobertura de radio que tiene activada la funcionalidad de agregador; la relación señal a interferencia más ruido, SINR; la potencia recibida de pérdida de trayecto/señal recibida, RSRP; las tecnologías de acceso por radio disponibles, las bandas de frecuencia y/o las portadoras operativas; la información de localización de los dispositivos de comunicación; la información de movilidad de los dispositivos de comunicación; y el perfil de potencia del dispositivo predicho para al menos un dispositivo de comunicación.

En ciertos casos, el al menos un segundo dispositivo de comunicación es uno de: un equipo de usuario (UE); un dispositivo de comunicación de tipo máquina (MTC); un repetidor; una unidad de retransmisión; un punto de acceso; una estación inalámbrica; una estación de celda pequeña; o un dispositivo de comunicación de facilidad de agregador dedicado.

En ciertos casos, determinar si un beneficio neto como resultado de la activación de la facilidad de agregador se realiza sobre una base de macro celda para al menos una macro celda dentro de la red de telecomunicaciones celulares.

Además, los aspectos anteriores se pueden implementar junto con un método en una entidad controladora para determinar la funcionalidad de los dispositivos de comunicación en una red de comunicación celular que incluye una pluralidad de dispositivos de comunicación, la pluralidad de dispositivos de comunicación que incluyen uno o más dispositivos agregadores candidatos, el método que comprende: obtener información relativa a dispositivos agregadores candidatos en un área dada de cobertura de radio; para cada uno de una pluralidad de subconjuntos de dispositivos agregadores candidatos, estimar una ganancia esperada correspondiente en base a la información obtenida, en donde la ganancia esperada es una diferencia entre un valor estimado de una primera medida de rendimiento de la red después de la activación de una funcionalidad de agregador en dicho subconjunto de dispositivos agregadores candidatos y un primer valor medido de la primera medida de rendimiento de la red antes de la activación de una funcionalidad de agregador en cualquiera de la pluralidad de subconjuntos, y en donde la funcionalidad de agregador proporciona cobertura de radio a al menos un primer dispositivo de comunicación dentro de un área geográfica seleccionada; y activar una funcionalidad de agregador en al menos un subconjunto seleccionado de la pluralidad de subconjuntos en base a al menos en parte en sus ganancias esperadas correspondientes.

Ejemplos de las técnicas usadas para obtener el valor estimado de la primera medida del rendimiento de la red incluyen: estimación mediante activación temporal de la funcionalidad de agregador (se realiza ya sea la activación

completa o parcial de la funcionalidad de agregador); y una estimación que no requiere la activación de la funcionalidad de agregador (por ejemplo, usando una técnica de modelado o inferencia para interpolar o extrapolar a partir de mediciones históricas conocidas u otras indirectas relacionadas).

5 En ciertos casos, el método puede comprender además: mantener la funcionalidad de agregador activada en el al menos un subconjunto seleccionado si un segundo valor medido de la primera medida de rendimiento de la red después de la activación de la funcionalidad de agregador en el al menos un subconjunto seleccionado es mayor que dicho primer valor medido.

10 Se observa que uno o más de los subconjuntos de los dispositivos agregadores candidatos podrían tener un único dispositivo agregador candidato como miembro. A menudo, no obstante, hay probabilidad de que sea una pluralidad de tales dispositivos agregadores candidatos en cada subconjunto considerado.

En ciertos casos, el método puede comprender además: elegir un algoritmo de selección para su uso en la selección del al menos un subconjunto en base a un tipo de la información obtenida.

Como resultado, el algoritmo de selección de agregador usado se puede elegir para adaptarse al tipo de información disponible en relación con los dispositivos agregadores candidatos en el área dada de cobertura de radio obtenida.

15 En ciertos casos, la ganancia esperada para cada subconjunto se estima: obteniendo el primer valor medido midiendo dicha primera medida de rendimiento de la red antes de la activación de una funcionalidad de agregador en cualquiera de la pluralidad de subconjuntos; y para cada dispositivo agregador candidato en el subconjunto, calculando el valor estimado de la primera medida de rendimiento de la red para un caso en el que el dispositivo proporciona una funcionalidad de agregador activa, y calculando una diferencia entre el valor estimado y el primer valor medido de la primera medida.

20 Alternativamente, la ganancia esperada para cada subconjunto se estima obteniendo el primer valor medido midiendo dicha primera medida de rendimiento de la red antes de la activación de una funcionalidad de agregador en cualquiera de la pluralidad de subconjuntos; y para cada subconjunto, calculando el valor estimado de la primera medida de rendimiento de la red para un caso en el que cada uno de los dispositivos en el subconjunto proporciona una funcionalidad de agregador activa, y calculando una diferencia entre el valor estimado y el primer valor medido de la primera medida.

25 En ciertos casos, el subconjunto en el que se activa la funcionalidad de agregador se selecciona: evaluando la ganancia esperada para cada subconjunto; y seleccionando un subconjunto que tenga una ganancia esperada requerida. En este caso, la evaluación de la ganancia esperada puede comprender calcular cuál del al menos un subconjunto proporciona la mayor ganancia esperada, y en donde la selección del subconjunto que tiene la ganancia esperada requerida comprende seleccionar el subconjunto que proporciona la mayor ganancia esperada.

30 Alternativamente, la evaluación de la ganancia esperada puede comprender calcular cuál de los subconjuntos requiere menos cambios en los dispositivos agregadores de los dispositivos agregadores que proporcionan actualmente la funcionalidad de agregador, y en donde la selección del subconjunto que tiene la ganancia esperada requerida comprende seleccionar el subconjunto que requiere menos cambios en los dispositivos agregadores, la ganancia esperada estimada que excede un valor de ganancia umbral.

35 En un caso adicional, la evaluación de la ganancia esperada estimada puede comprender modelar el rendimiento de la red con el subconjunto seleccionado activado y comparar esa información de rendimiento de modelado con el rendimiento medido de la red antes de la activación de una funcionalidad de agregador.

40 En ciertos casos, si el segundo valor medido de la primera medida de rendimiento de la red no excede el primer valor medido, el método puede incluir además: controlar el o cada dispositivo agregador candidato que tiene una funcionalidad de agregador activa para desactivar la funcionalidad de agregador.

45 En ciertos casos, la activación de la funcionalidad de agregador en el al menos un subconjunto seleccionado puede incluir, para el o cada dispositivo agregador candidato en el subconjunto seleccionado, controlar el dispositivo respectivo para activar la funcionalidad de agregador activa.

50 En ciertos casos, el método puede comprender además obtener un tercer valor medido de una segunda medida de rendimiento de la red antes de la activación de una funcionalidad de agregador en cualquiera de la pluralidad de subconjuntos; y mantener la funcionalidad de agregador activada en el al menos un subconjunto seleccionado si un cuarto valor medido de la segunda medida del rendimiento de la red después de la activación de la funcionalidad de agregador en el al menos un subconjunto seleccionado es mayor que el tercer valor medido.

En tales casos, la segunda medida de rendimiento usada en la determinación de si mantener una funcionalidad de agregador ya activa puede diferir, de este modo, de la primera medida usada para determinar si la funcionalidad de agregador debería ser activada en primera instancia.

- 5 En ciertos casos, el método puede comprender además actualizar la selección de dispositivos agregadores candidatos, a intervalos de tiempo separados: obteniendo un valor medido adicional de la medida del rendimiento de la red; para cada subconjunto de los dispositivos agregadores candidatos, estimando una ganancia esperada correspondiente actualizada; seleccionando al menos uno de los subconjuntos en base, al menos en parte, a su ganancia esperada actualizada correspondiente; activando una funcionalidad de agregador en cada subconjunto seleccionado; y manteniendo la funcionalidad de agregador activa si el valor medido adicional de la medida de rendimiento de la red excede un valor de referencia de dicha medida. En este caso, el método puede comprender además, antes de estimar la ganancia esperada actualizada, cambiar la configuración de la funcionalidad de agregador activa en respuesta a la información de rendimiento adicional.
- 10 En ciertos casos, el valor de referencia puede ser un valor de dicha medida promediada sobre una pluralidad de mediciones históricas. Alternativamente, el valor de referencia medido puede ser un valor de dicha medida seleccionada a partir de uno cualquiera de N valores medidos adicionales de dicha medida obtenidos en las N operaciones de actualización más recientes.
- 15 En ciertos casos, cada dispositivo agregador candidato puede ser un dispositivo de comunicación que cumpla al menos un criterio seleccionado de: suficiente duración de batería; localización dentro de una parte del área de cobertura de radio dada para la cual se espera que se requiera la funcionalidad de agregador; y la métrica de pérdida de trayecto actual para el enlace de comunicación entre el dispositivo de comunicación y la red de comunicación celular cae por debajo de un umbral de pérdida de trayecto.
- 20 Los ejemplos de dispositivo de comunicación pueden incluir uno de un equipo de usuario (UE); un dispositivo de comunicación de tipo máquina (MTC); un punto de acceso; una estación inalámbrica; y/o una estación de celda pequeña.
- 25 En los casos respectivos, el área dada de cobertura de radio se puede seleccionar de: un área de cobertura de macro celda para al menos una macro celda dentro de la red de telecomunicaciones celulares; un área de cobertura para al menos un sector dentro de la macro capa de la red de telecomunicaciones celulares; y el área de cobertura de toda la red de telecomunicaciones celulares.
- 30 Los aspectos anteriores también se pueden implementar junto con un método para determinar la funcionalidad de los dispositivos de comunicación en una red de comunicación celular que incluye una pluralidad de dispositivos de comunicación, la pluralidad de dispositivos de comunicación que incluyen uno o más dispositivos agregadores candidatos, el método que comprende, en intervalos de tiempo separados: estimar una ganancia esperada para cada uno de una pluralidad de subconjuntos de los dispositivos agregadores candidatos, la estimación que se basa en información relativa a los dispositivos agregadores candidatos en un área dada de cobertura de radio, en donde la ganancia esperada es una diferencia entre un valor estimado de una medida de rendimiento de la red después de la activación de una funcionalidad de agregador en dicho subconjunto de dispositivos agregadores candidatos y un valor medido actual de la medida de rendimiento de la red, y en donde la funcionalidad de agregador proporciona cobertura de radio a al menos un primer dispositivo de comunicación dentro de un área geográfica seleccionada;
- 35 activar una funcionalidad de agregador en al menos un subconjunto seleccionado de la pluralidad de subconjuntos en base, al menos en parte, a sus correspondientes ganancias esperadas; y mantener la funcionalidad de agregador activada en el al menos un subconjunto seleccionado si el valor actual de la medida de rendimiento de la red excede un valor de referencia de dicha medida.
- 40 Los aspectos anteriores se pueden implementar junto con un dispositivo de comunicación para proporcionar una facilidad de agregador en una red de telecomunicaciones que tiene una red central, CN y una red de acceso por radio, RAN, el dispositivo de comunicación que comprende: una unidad de comunicación configurada para establecer una conexión de agregación a al menos un dispositivo de comunicación cercano y para establecer una segunda conexión entre el al menos un dispositivo de comunicación cercano y la CN, y una unidad de procesador configurada para notificar información de estado del dispositivo a un controlador de agregador, para recibir instrucciones del controlador de agregador, dichas instrucciones que son dependientes de las condiciones de rendimiento, incluyendo el estado del dispositivo notificado, y para habilitar la conexión de agregación según las instrucciones.
- 45 En ciertas realizaciones, el procesador está configurado para notificar información de estado del dispositivo, incluyendo información seleccionada de: la localización del dispositivo de comunicación, precisión de la localización, tecnologías RAT soportadas, bandas de frecuencia de RAT soportadas, características de la batería, estado de movilidad y/o consumo actual de la batería.
- 50 En ciertas realizaciones, el procesador está configurado para habilitar la conexión de agregación estableciendo una celda de agregación en una banda de frecuencia diferente de una banda de frecuencia operativa de la RAN.
- 55 En ciertas realizaciones, el procesador está configurado para habilitar la conexión de agregación estableciendo una celda de agregación que usa una tecnología de comunicación inalámbrica diferente de una tecnología de comunicación inalámbrica usada por la RAN.

En ciertas realizaciones, la unidad de procesador está configurada además para habilitar la segunda conexión habilitando la unidad de comunicación, la segunda conexión que incluye la conexión de agregación y una conexión inalámbrica entre el dispositivo de comunicación y la RAN.

5 Ciertas realizaciones de la celda de agregación sirven a más de un dispositivo de comunicación cercano. En estas realizaciones, la conexión inalámbrica agrega un tráfico de datos para cada uno de los dispositivos de comunicación cercanos en una carga útil agregada, haciendo por ello un uso más eficaz de la conexión inalámbrica.

En ciertas realizaciones, el dispositivo de comunicación para proporcionar una facilidad de agregador corresponde al segundo dispositivo de comunicación en el sistema descrito anteriormente y puede implementar cualquiera de las funcionalidades del segundo dispositivo de comunicación equivalente en el sistema descrito anteriormente.

10 Los aspectos anteriores también se pueden implementar junto con un método para notificar la disposición de un dispositivo de comunicación para actuar como agregador en una red de telecomunicaciones que tiene al menos una entidad controladora, el método que comprende: determinar un cambio en la localización del dispositivo de comunicación en base a dos o más localizaciones determinadas en intervalos separados temporalmente, siendo el intervalo un primer intervalo; si no ha habido ningún cambio en la localización durante el primer intervalo, comparar además las localizaciones en un segundo intervalo; y si no ha habido ningún cambio en la localización sobre el segundo intervalo, determinar que el dispositivo de comunicación está en un estado listo para agregador y notificar la localización de dicho dispositivo listo para agregador. Convenientemente se pueden determinar cambios en la localización en el dispositivo de comunicación en sí mismo.

20 En ciertos casos, la localización del dispositivo de comunicación es una localización absoluta. Convenientemente, la localización del dispositivo de comunicación se puede determinar usando un sistema global de navegación por satélite, GNSS, tal como GPS. La localización del dispositivo de comunicación se puede notificar en formato GPS.

En ciertos casos, el segundo intervalo se puede ajustar según el tipo del dispositivo de comunicación.

25 En ciertos casos, el método puede comprender además determinar que el dispositivo de comunicación no está en un estado listo para agregador si ha habido un cambio en la localización durante el primer intervalo; y notificar la localización a la entidad controladora. El método puede comprender además entonces determinar la localización del dispositivo de comunicación después de un tercer intervalo separado temporalmente.

En ciertos casos, el método puede comprender además, si no ha habido ningún cambio en la localización durante el segundo intervalo, determinar la localización del dispositivo de comunicación en intervalos separados temporalmente, el intervalo que es un cuarto intervalo predeterminado.

30 En ciertos casos, notificar la localización del dispositivo listo para agregador puede comprender notificar la localización a la entidad controladora. Alternativa o adicionalmente, notificar la localización del dispositivo listo para agregador puede comprender además notificar el estado listo para agregador a la entidad controladora.

35 En ciertos casos, el método puede comprender además obtener información adicional concerniente al estado del dispositivo de comunicación; y notificar la información adicional a la entidad controladora. La información adicional puede incluir convenientemente una indicación de la vida restante de la batería del dispositivo de comunicación.

40 Los aspectos anteriores también se pueden implementar junto con un método para manejar el cambio en el estado de movilidad de un dispositivo de comunicación que proporciona una celda de agregador activa en una red de telecomunicaciones, la red de telecomunicaciones que tiene una red central, al menos una entidad controladora y una red de acceso por radio de macro capa, la red de acceso por radio de macro capa que está configurada para proporcionar una conexión de enlace de retroceso a la red central y para proporcionar conexiones de comunicación inalámbricas a dispositivos de comunicación, el método que comprende: a intervalos separados temporalmente, obtener una pluralidad de localizaciones del dispositivo de comunicación; comparar una localización determinada en un momento anterior con una localización en un momento posterior; si no ha habido ningún cambio en la localización, dar instrucciones a los dispositivos de comunicación que tienen conexión activa que se vuelvan a conectar a la macro capa, y hacer que la celda prohíba el establecimiento de conexiones activas adicionales.

45 En ciertos casos, este método puede comprender además notificar que la celda de agregador está desactivada como resultado del cambio de estado de movilidad.

50 Además, los aspectos anteriores se pueden implementar junto con un método para proporcionar un mapa de cobertura dentro de una red de telecomunicaciones, dicha red de telecomunicaciones que comprende una pluralidad de dispositivos de comunicación incluyendo primeros dispositivos de comunicación y segundos dispositivos de comunicación y una entidad controladora, el método que comprende: activar uno o más segundos dispositivos de comunicación para difundir señales de baliza en una o más bandas de radiofrecuencia, RF, específicas, en donde las señales de baliza habilitan a uno o más primeros dispositivos de comunicación para hacer mediciones; recibir en la entidad controladora, mediciones desde uno o más primeros dispositivos de comunicación, dichas mediciones que se basan en las señales de baliza recibidas en dicho uno o más primeros dispositivos de comunicación; y crear, usando las mediciones, por la entidad controladora, un mapa de cobertura, en donde el mapa de cobertura es

indicativo de la cobertura que los segundos dispositivos de comunicación pueden proporcionar para los primeros dispositivos de comunicación.

5 Los segundos dispositivos de comunicación son diferentes de los primeros dispositivos de comunicación en lo que respecta a su capacidad para actuar como agregadores, donde un "agregador" es un dispositivo que comprende medios para agregar una o más conexiones desde los primeros dispositivos de comunicación hacia una RAN y/o red central. En el contexto de la presente descripción, la agregación se ha de entender como la capacidad de proporcionar un área de cobertura para proporcionar servicio a una serie de primeros dispositivos de comunicación que se conectan actualmente a través de una capa de comunicaciones celulares adicional. Una conexión de agregación transporta datos agregados desde los primeros dispositivos de comunicación, los datos de cada primer dispositivo de comunicación que se empaquetan para el enlace de retroceso a una red central.

En general, y específicamente en tales casos, la entidad controladora se puede configurar para activar segundos dispositivos de comunicación para difundir señales de baliza. Los segundos dispositivos de comunicación son instruidos para enviar una señal de baliza. En la presente memoria, el término señal de baliza incluye, por ejemplo, señales piloto, señales de referencia, así como otros tipos de señal de baliza.

15 Los primeros dispositivos de comunicación pueden recibir entonces un comando para escanear y escuchar las bandas de frecuencia en las que se difunden las señales de baliza y para notificar, a la entidad controladora, las mediciones de la señal de difusión recibida del o cada segundo dispositivo de comunicación (es decir, agregador potencial). Las mediciones pueden relacionarse con la potencia recibida medida de la señal de difusión en los primeros dispositivos de comunicación respectivos.

20 Los primeros dispositivos de comunicación proporcionan entonces informes de las mediciones de la señal de baliza de vuelta a la entidad controladora, que entonces usa estos informes para crear mapas de cobertura (por ejemplo, mapas de pérdida de trayecto) para los segundos dispositivos de comunicación. La potencia de transmisión de la señal de baliza se puede conocer ventajosamente en la entidad controladora.

25 En ciertos casos, el método se puede usar para decidir qué segundos dispositivos de comunicación es mejor usar para proporcionar servicio a otros dispositivos de comunicación.

30 En ciertos casos, se puede recopilar información específica sobre las condiciones de radio con el fin de tomar decisiones sobre qué agregadores se pueden activar. Dadas las características y condiciones específicas de una red de segundos dispositivos de comunicación que actúan como una celda pequeña o puntos de acceso que se activan dinámicamente, el método proporciona una forma para que los primeros dispositivos de comunicación o terminales cuyos datos han de ser agregados para medir la calidad de la cobertura pudieran obtenerse de un agregador antes que el agregador haya entrado en servicio. Las condiciones de radio mencionadas pueden incluir disponibilidad, duración de la batería, localización, beneficio esperado, etc.

35 En ciertos casos, los segundos dispositivos de comunicación son dispositivos de comunicación que son configurables para actuar como agregadores, y la entidad controladora es un controlador central de agregador. Ventajosamente, esto permite que la entidad controladora dé instrucciones a los segundos dispositivos de comunicación para establecer una conexión de agregación al primer dispositivo de comunicación y una segunda conexión entre el primer dispositivo de comunicación y una red central CN, en donde la segunda conexión incluye la conexión de agregación y la instrucción es dependiente de las condiciones de rendimiento.

40 En ciertos casos, la entidad controladora da instrucciones para que se active dicho uno o más segundos dispositivos de comunicación.

45 En el contexto de este aspecto de la descripción, un mapa de cobertura puede ser un registro de las relaciones descubiertas entre agregadores potenciales y la población de los primeros dispositivos de comunicación o los UE. Si se conocen las ubicaciones geográficas tanto del agregador potencial como de los UE, entonces el mapa puede ser un mapa geográfico por el cual la relación entre los agregadores potenciales y los UE es la distancia. No obstante, cuando la localización geográfica del UE se desconoce con cualquier precisión, entonces el mapa puede ser un mapa de radio, donde la relación entre el agregador potencial y los UE es la pérdida de trayecto, la intensidad de la señal recibida o una medida equivalente. Se pueden registrar múltiples relaciones por un mapa de cobertura si se conoce. Por ejemplo, tanto la distancia como la pérdida de trayecto se pueden descubrir y registrar. Esta información se puede mostrar gráficamente (como si fuera un mapa convencional), y/o las relaciones se pueden registrar solamente en una base de datos legible por máquina. Puede haber información en el mapa de cobertura, que incluye el tiempo en que los agregadores potenciales y los dispositivos agregados potenciales son estáticos o el tiempo en el que han estado en la celda, o incluso datos tales como la duración restante de la batería.

55 En ciertos casos, la activación de uno o más segundos dispositivos de comunicación se realiza periódicamente. Ventajosamente, las señales de baliza se pueden enviar periódicamente por los segundos dispositivos de comunicación a uno o más primeros dispositivos de comunicación permitiendo la actualización de las condiciones de radio de la red de telecomunicaciones en la entidad controladora. Esto es bastante ventajoso en situaciones en las que los primeros dispositivos de comunicación, por ejemplo, los teléfonos móviles, cambian de posición continuamente.

Alternativamente, en lugar de periódicamente, la activación se puede hacer tras un comando recibido de la entidad controladora. Ventajosamente la entidad controladora puede estar en comunicación con una red central desde la cual se pueden recibir estimaciones de modo que se tome una decisión de activar dichas señales de baliza en los segundos dispositivos de comunicación.

- 5 En ciertos casos, la una o más bandas de radiofrecuencia son bandas no celulares cercanas a las bandas celulares a ser usadas en la RAN.

Las mediciones se hacen ventajosamente en la banda no celular, pero en una banda que es representativa de las mediciones que se habrían hecho si se hubiera usado una banda celular. En este caso, el término “representativo” significa que dicha banda no celular presenta características de propagación similares a las características de propagación de esas bandas celulares, tales como desvanecimiento, reflexión o difracción, de tal manera que el comportamiento de la pérdida de trayecto notificada por los dispositivos de comunicación reproduce de manera fiable la pérdida de trayecto para las bandas celulares a ser usadas en la RAN. De este modo, en lugar de hacer una medida directamente en una banda celular, lo que se puede hacer solamente usando comunicaciones celulares, por ejemplo, por razones regulatorias, la banda no celular se usa para hacer una medición como un intermediario de dicha banda celular, y la banda no celular usada es una que está cerca de la banda celular de tal forma que todas las mediciones de radio (tales como potencia recibida, atenuación, interferencia, etc.) se puedan considerar como equivalentes a las mediciones que se hubieran hecho en la banda celular.

De esta manera, el mapa creado es un patrón más fiable para la pérdida de trayecto y al mismo tiempo, las bandas celulares no están cargadas con la necesidad de transportar dichas transmisiones, lo que significa que son adecuadas para su uso con otros propósitos, tales como comunicación.

En ciertos casos, una o más bandas de RF pueden ser bandas celulares a ser usadas en la RAN. En ciertas realizaciones, puede haber canales FDD o TDD que no se usan dentro de la banda de RF celular que se puede usar para difundir las señales de baliza.

En los casos donde la una o más bandas de RF son bandas celulares, el uno o más segundos dispositivos de comunicación se pueden activar para difundir dichas señales de baliza en un estado prohibido.

En los casos cuando se usan bandas de RF celulares para la difusión de señales de baliza, un segundo dispositivo de comunicación se puede poner en un estado prohibido de modo que no aparezca como punto de acceso/celda disponible al primer dispositivo de comunicación que recibe una señal de difusión. Esto permite ventajosamente que una entidad controladora reciba mediciones desde dicho primer dispositivo de comunicación.

También se contempla que los segundos dispositivos de comunicación puedan difundir señales de baliza sin el requisito de actuar como agregadores: es decir, simplemente debido a condiciones tales como la duración de la batería restante o los requisitos de ancho de banda del segundo dispositivo de comunicación en una trama de tiempo particular, u otros. Ventajosamente, en estos casos, la portadora de la señal de baliza es una portadora que no transporta tráfico, así que ésta es una forma de asegurar que solamente actúa como portadora de baliza, ya que se le impide manejar tráfico de datos o de voz. En caso de que se seleccione un segundo dispositivo de comunicación (es decir, se active) para actuar como agregador, una portadora celular usada será una primera portadora, mientras que una segunda portadora se usaría como baliza solamente. Alternativamente, en la misma área se puede usar una única portadora tanto como:

- baliza solamente, cuando el agregador no se está agregando sino solo señalizando su presencia, o
- tráfico y baliza cuando el agregador está realmente gestionando tráfico agregado.

La señal de baliza se puede enviar, de este modo, a través de una tecnología celular, tal como FDD, TDD de LTE o 3G, o una tecnología inalámbrica no celular, usando una portadora de Wi-Fi en el espectro de 2GHz, por ejemplo.

En ciertos casos, el método puede comprender además activar uno o más de los segundos dispositivos de comunicación como agregador en base a al menos el mapa de cobertura.

Además de crear un mapa de cobertura, la entidad controladora puede activar uno o más segundos dispositivos de comunicación dependiendo de los requisitos para una pérdida de trayecto permisible, por ejemplo. En un ejemplo, un mapa de cobertura puede cumplir los requisitos de un grupo de dispositivos de modo que se puedan activar los agregadores potenciales que ofrecen un servicio requerido. En otro ejemplo, además del mapa de cobertura, la entidad controladora puede activar algunos de los agregadores potenciales solamente si se cumplen otras condiciones.

En ciertos casos, los uno o más segundos dispositivos de comunicación activados son segundos dispositivos de comunicación que no están actuando actualmente como agregadores. Ventajosamente, esto permite la rotación de segundos dispositivos de comunicación que actúan como agregadores.

Adicional o alternativamente, los segundos dispositivos de comunicación pueden comprender segundos dispositivos de comunicación que ya están actuando como agregadores. Ventajosamente, esto permite que todo el conjunto de segundos dispositivos de comunicación se consideren como agregadores, capturando de este modo ambos grupos de segundos dispositivos de comunicación a ser correlacionados:

- 5 • solamente los agregadores que han de ser encendidos, de modo que se consideren como agregadores candidatos y se seleccionen potencialmente, y
- también aquellos agregadores que ya están activos.

10 En ciertos casos, la red de telecomunicaciones puede comprender además una red central (CN) y una red de acceso por radio (RAN), en donde los primeros dispositivos de comunicación son dispositivos de comunicación conectados a la CN a través de la RAN, y los cuales son candidatos a ser conectados a la CN a través de los segundos dispositivos de comunicación.

15 De esta forma, se evita el traspaso de los primeros dispositivos de comunicación que se agregan a través de un agregador particular en el caso cuando, por ejemplo, se selecciona un segundo dispositivo de comunicación como agregador potencial; en dicho ejemplo, incluso si se ha de activar el agregador potencial, el agregador mantiene su función como segundo dispositivo de comunicación, que ha de ser un agregador y, de este modo, el primer dispositivo de comunicación no necesita ser traspasado a una capa de agregador diferente.

 En ciertos casos, crear el mapa de cobertura comprende estimar, para cada uno de los primeros dispositivos de comunicación, una pérdida de trayecto con cada segundo dispositivo de comunicación relevante.

20 El mapa de cobertura se crea para los agregadores que aún no están activos (es decir, aquellos segundos dispositivos de comunicación candidatos que aún no han de ser activados) y también para los que ya están activos.

25 Un segundo dispositivo de comunicación "relevante" puede ser un dispositivo cuyo trayecto de conexión con el primer dispositivo de comunicación ha de ser incluido en el mapa de cobertura. Por ejemplo, la pérdida de trayecto solamente se puede calcular entre esos primeros dispositivos de comunicación y los agregadores con los que hay al menos una posibilidad de conexión. En otro ejemplo, la pérdida de trayecto se puede calcular entre todos y cada uno de los pares de agregadores y primeros dispositivos de comunicación.

 En ciertos casos, la pérdida de trayecto estimada se basa en las mediciones notificadas por uno o más primeros dispositivos de comunicación que han recibido la señal de baliza relevante.

30 Los aspectos anteriores se pueden implementar dentro de un sistema para proporcionar una facilidad de agregador en una red de telecomunicaciones; el sistema que comprende: una red central, CN; y una red de acceso por radio, RAN, que está configurada para proporcionar una conexión de enlace de retroceso a la CN y para proporcionar conexiones de comunicación inalámbrica a dispositivos de radiocomunicación; en donde el sistema comprende además: un primer dispositivo de comunicación, el primer dispositivo de comunicación que tiene una primera conexión a la CN, el primer trayecto de conexión que incluye una conexión inalámbrica entre la RAN y el primer dispositivo de comunicación; un segundo dispositivo de comunicación; y un controlador de agregador, que se comunica con la RAN y la CN y que está configurado para dar instrucciones al segundo dispositivo de comunicación para establecer una conexión de agregación al primer dispositivo de comunicación y una segunda conexión entre el primer dispositivo de comunicación y la CN, en donde la segunda conexión incluida la conexión de agregación y la instrucción es dependiente de las condiciones de rendimiento.

40 La segunda conexión se puede usar en lugar de la primera conexión a la CN; alternativamente, la segunda conexión se puede usar además de la primera conexión a la CN.

 En ciertas realizaciones, la conexión de agregación es una conexión inalámbrica.

45 En ciertas realizaciones hay una pluralidad de primeros dispositivos de comunicación. Cuando hay más de un primer dispositivo de comunicación, la conexión de agregación transporta datos agregados desde los primeros dispositivos de comunicación, los datos de cada primer dispositivo de comunicación que se empaquetan para el enlace de retroceso a la red central.

 En ciertas realizaciones, el segundo dispositivo de comunicación puede ser un equipo de usuario (UE) cuyo usuario ha indicado que el UE se puede asignar dinámicamente para actuar como "agregador".

50 En ciertas realizaciones, la segunda conexión incluye además una segunda conexión inalámbrica a la RAN y la conexión de enlace de retroceso desde la RAN a la CN. Cuando el segundo dispositivo de comunicación es un equipo de usuario (UE), la segunda conexión inalámbrica se puede establecer usando una tarjeta SIM específica para ese dispositivo para autenticar el dispositivo en la CN.

 En ciertas realizaciones alternativas, la segunda conexión incluye además una conexión que usa al menos una tecnología de conexión seleccionada de: tecnologías de cable de fibra óptica; tecnologías Ethernet; una tecnología

5 xDSL de línea fija; tecnología de enlace de retroceso de microondas; y/o una tecnología Wi-Fi. En el caso de tecnología Wi-Fi, la conexión puede comprender, de este modo, una sección de Wi-Fi desde el segundo dispositivo de comunicación a un punto de acceso Wi-Fi y una sección de línea fija desde el punto de acceso Wi-Fi a la red central. Las conexiones xDSL de línea fija y de fibra óptica pueden ser o bien directas o bien indirectas; en el caso indirecto, la conexión se puede establecer a través de al menos una entidad de red interviniente.

En ciertas realizaciones, el segundo dispositivo de comunicación puede ser un dispositivo de comunicación dedicado desplegado específicamente para actuar como agregador. Alternativa o adicionalmente, el segundo dispositivo de comunicación puede ser una estación transceptora base de celda pequeña, por ejemplo, un eNodoB doméstico (HeNB).

10 En ciertas realizaciones, el controlador de agregador es independiente de la RAN. La funcionalidad de control (que se podría implementar, por ejemplo, como software) se coloca de este modo en una entidad que es típicamente externa a los eNodosB. Esta entidad externa está configurada para establecer un canal de comunicación con terminales seleccionados (u otros dispositivos de comunicación) que sean capaces de actuar como agregadores para otros terminales en la red. Cuando cada uno de estos terminales seleccionados actúa como agregador para
 15 uno o más terminales en la red, estos últimos se conectan a la CN a través de una conexión secundaria que es diferente de la conexión primaria que tendrían cuando se conectan con la CN a través de la RAN. Estas conexiones son principalmente conexiones lógicas entre los terminales y la CN. La conexión secundaria incluirá un canal de comunicación entre el terminal seleccionado y uno o más de los otros terminales en la red para los cuales el terminal seleccionado actúa como agregador (en lo sucesivo, llamaremos al terminal seleccionado "agregador"). El agregador
 20 se comunicará con cada uno de estos otros terminales y combinará sus flujos de comunicación antes de que se transmitan a la Red Central. En ciertos casos, la entidad externa está configurada para establecer canales de comunicación paralelos adicionales con otros dispositivos de comunicación: esto puede ser útil cuando se determinan las localizaciones de los dispositivos de comunicación más generalmente en lugar de agregadores candidatos solos, como puede ser necesario en ciertas realizaciones.

25 Como resultado, el sistema se puede desplegar sin requerir adaptaciones a medida de eNodosB convencionales de otro modo para incluir funcionalidades de software dedicadas. La introducción de una entidad controladora separada supone que el sistema se puede implementar en asociación con cualquier despliegue de capa de macro celda convencional.

30 Además, el sistema no requiere ni cambios en la arquitectura de red ni nuevos requisitos más estrictos en sincronización, enlace de retroceso, etc.

35 Como un usuario puede obtener (y en alguna medida controlar el posicionamiento de) los agregadores candidatos, los usuarios de la red también pueden beneficiarse porque son capaces de influir en la cobertura global de la macro capa por sus propias acciones. En algunos casos, un agregador colocado cerca de una ventana (ya sea en exterior o en interior), puede proporcionar una mejora de cobertura en interiores para los UE, dando un mejor presupuesto de enlace.

El uso de dichos sistemas de facilidades de agregadores puede tener una ventaja para los dispositivos de comunicación heredados, dado que obtendrían acceso a equipos potencialmente más actualizados en el controlador de agregador desplegado, mejorando por ello el rendimiento de tales terminales de bajo nivel en la conexión a la macro capa a través del agregador.

40 Los servicios de localización también pueden beneficiarse de la disponibilidad y/o presencia de dispositivos agregadores, en la medida que cada agregador se puede usar como medio adicional para descubrir las posiciones de los dispositivos de comunicación respectivos, mejorando por ello la precisión de localización.

45 En ciertas realizaciones, las condiciones de rendimiento de las que depende la instrucción al segundo dispositivo de comunicación para establecer la segunda conexión depende de incluir una métrica de la calidad de cobertura y/o el uso de recursos en la red que es mayor que un nivel umbral. Esta métrica puede ser una métrica de un nivel de interferencia en la red. En particular, este nivel de interferencia puede ser uno debido al uso de la primera conexión. El nivel umbral es una estimación (que se puede predeterminar) de un nivel de interferencia debido al uso de la segunda conexión.

50 En ciertas realizaciones, la instrucción para establecer una conexión de agregación puede ser condicional en las condiciones de rendimiento asociadas con el segundo dispositivo de comunicación. Esto puede ser además de la métrica tratada anteriormente. Las condiciones de rendimiento asociadas con el segundo dispositivo de comunicación pueden incluir parámetros asociados con la conexión entre el segundo dispositivo de comunicación y la RAN. Las condiciones de rendimiento asociadas con el segundo dispositivo de comunicación pueden incluir al menos uno de SINR, potencia recibida a señal recibida (RSRP), información de localización y duración de la batería.

55 En ciertas realizaciones, el controlador de agregador se puede configurar además para procesar las condiciones de rendimiento asociadas con el segundo dispositivo de comunicación y, solamente si se determinan los parámetros para indicar que el segundo dispositivo de comunicación es un candidato para asignación como agregador, dar

instrucciones al segundo dispositivo de comunicación para establecer la conexión de agregación al primer dispositivo de comunicación.

5 Se puede proporcionar además software de ordenador operable, que cuando se ejecuta en un dispositivo informático, hace que uno o más procesadores realicen un método implementado por ordenador según los aspectos anteriores de la presente descripción.

Un aspecto adicional puede proporcionar almacenamiento legible por máquina que almacena tal programa.

Es un objetivo de ciertas realizaciones de la presente descripción resolver, mitigar u obviar, al menos en parte, al menos uno de los problemas y/o desventajas asociados con la técnica anterior. Ciertas realizaciones aspiran a proporcionar al menos una de las ventajas descritas a continuación.

10 Breve descripción de los dibujos

Diversas realizaciones de la presente descripción se describirán ahora con referencia a los dibujos que se acompañan, en los que:

las Figuras 1A a 1C ilustran una red de acceso por radio donde ciertos dispositivos de comunicación se asignan dinámicamente como agregadores dentro de una única celda;

15 las Figuras 2A y 2B ilustran una red de acceso por radio adicional donde ciertos dispositivos de comunicación se asignan dinámicamente como agregadores dentro de una red de múltiples celdas;

la Figura 3 ilustra los elementos funcionales de un controlador de agregador adecuado para habilitar, controlar y deshabilitar una capa de agregador en la arquitectura de red de las Figuras 1A, 1B, 1C, 2A y 2B;

20 la Figura 4 ilustra el comportamiento de los dispositivos de comunicación cercanos cuando el controlador de agregador de la Figura 3 habilita una capa de agregador en un agregador dado;

la Figura 5 ilustra los elementos funcionales de un dispositivo de comunicación adecuado para su uso en la arquitectura de red de las Figuras 1A, 1B, 1C, 2A y 2B;

las Figuras 6A y 6B ilustran ciertas operaciones de una entidad controladora en la determinación de si se soporta la activación de una facilidad de agregador;

25 la Figura 7 muestra un diagrama de flujo que muestra ciertas operaciones de un dispositivo de comunicación asociado con el estado de movilidad;

la Figura 8 muestra un diagrama de flujo que muestra ciertas operaciones adicionales de un dispositivo de comunicación asociado con el estado de movilidad;

30 la Figura 9 ilustra el uso de un portador de EPS como capa de transporte para la conectividad entre un dispositivo agregador y la red central;

la Figura 10 ilustra una variación de la disposición en la Figura 9;

las Figuras 11A, 11B y 11C ilustran casos adicionales de redes de acceso por radio en los que ciertos dispositivos de comunicación se controlan para generar una señal de baliza para su uso en la generación de un mapa de cobertura; y

35 la Figura 12 es un diagrama esquemático de elementos clave de una red LTE y trayectos de comunicación a través de esa red;

la Figura 13 es un diagrama esquemático de elementos clave de una red LTE y trayectos de comunicación para su uso por un retransmisor;

40 la Figura 14 muestra un trayecto de comunicación para un UE que actúa como retransmisor, y el sistema de comunicación de capas aplicable; y

la Figura 15 muestra un diagrama de flujo para las comunicaciones de un UE que actúa como retransmisor.

Descripción detallada de las realizaciones preferidas

45 La presente descripción se refiere al transporte seguro de datos de UE en una arquitectura de red de telecomunicaciones que incluye una red de acceso por radio (RAN), una red central (CN) y una red de paquetes de datos (PDN). Los dispositivos de comunicación, tales como terminales móviles, equipos de usuario (UE) y estaciones de acceso inalámbrico, establecen conexiones inalámbricas a la red por medio de la RAN.

Las Figuras 1A a 1C muestran una única celda 100 de la red de telecomunicaciones proporcionada por una estación transceptora base (es decir, macro eNB) 120 dentro de la RAN. La arquitectura de red de telecomunicaciones comprende además un nodo de red, al que se hace referencia como controlador de agregador (AC) 102, que se comunica con la RAN y la CN (ilustrada aquí como un enlace entre el AC 102 y el eNB 120) pero que se puede implementar independientemente de las entidades componentes o bien de la RAN o bien de la CN.

El AC 102 identifica al menos un dispositivo de comunicación 104 como candidato para la asignación como agregador. El AC 102 también da instrucciones a cualquier candidato de agregador 104 dado para activar (o desactivar) un modo de agregador, por el cual proporciona funcionalidad de estación base para dispositivos de comunicación 110 cercanos (móviles): en la Figura 1C, cada dispositivo de comunicación 104 activado, habilitado con agregador proporciona una celda de agregador 150 respectiva. El AC 102 también determina si cualquier candidato de agregador 104 se activa en absoluto en un momento dado en una región dada de la red de telecomunicaciones. En las Figuras 1A a 1C, los agregadores candidatos 104 se ilustran como los UE: este es meramente un ejemplo de un dispositivo de comunicación 104 adecuado, los agregadores candidatos pueden ser igualmente dispositivos de comunicación dedicados o incluso estaciones transceptoras base de celda pequeña tales como HeNBs o femtocelda de eNB.

El AC 102 está configurado para interrogar a uno o más dispositivos de comunicación 104, donde estos dispositivos están conectados a la RAN (es decir, el eNB 120), para determinar ciertos parámetros asociados con el dispositivo 104 y/o su conexión a la RAN (por ejemplo, SINR, potencia recibida a señal de referencia (RSRP), potencia de código de señal de recepción (RSCP), información de localización, duración de la batería, etc.). Los datos asociados con los parámetros se procesan en el AC 102 y, si se determina que los parámetros indican que el o cada dispositivo de comunicación 104 es un candidato para la asignación como agregador, el dispositivo de comunicación 104 se puede configurar para implementar un modo de agregador, por lo cual proporciona una funcionalidad de estación base para los dispositivos de comunicación (móviles) 110 cercanos.

Las Figuras 1A a 1C también ilustran un escenario donde se contempla la facilidad que extiende la funcionalidad de estación base a dispositivos de comunicación (móviles) 110 cercanos. A medida que los dispositivos de comunicación se aproximan al intervalo más lejano de cobertura de macro celda en la celda (es decir, el borde de la celda, ilustrado como área sombreada 130), consumen más recursos de red. Seleccionando ciertos dispositivos de comunicación para que actúen como agregadores, estos dispositivos que están dentro de una buena cobertura de macro celda pero que tienen la facilidad de extender la funcionalidad de estación base dentro de una "celda de agregador" más allá de la cobertura de la capa de macro celda, la red puede desplegar agregadores para abordar los problemas del borde de la celda.

Ciertos dispositivos de comunicación 104 conectados a la red se usan, de este modo, como un tipo de entidad de celda pequeña. Los dispositivos de comunicación conectados a la red asignados para realizar esta funcionalidad de tipo celda pequeña se denominan "agregadores" porque, cuando hay más de un dispositivo de comunicación 110 cerca de un dispositivo de comunicación 104 conectado a la red dado en modo de agregador, el tráfico de datos desde los dispositivos de comunicación 110 cercanos, para cada uno de los dispositivos de comunicación 110 cercanos, se almacena temporalmente para su transporte (es decir, "se agrega") usando una conexión de enlace de retroceso entre el agregador 104 y la red central. Agregando los datos de uno o más dispositivos de comunicación 110 cercanos, el agregador puede tanto (a) ayudar a extender la cobertura de red a localizaciones donde (i) la cobertura de macro capa es, de otro modo, o bien inadecuada temporal o bien permanentemente o (ii) la cobertura de macro capa es adecuada pero los dispositivos dentro de una cierta área de cobertura (por ejemplo, el borde de la celda) consumen demasiados recursos como (b) transportar datos sobre la RAN de manera más eficiente. Una de las ventajas de almacenar temporalmente datos desde los dispositivos de comunicación 110 cercanos es que la conexión de enlace de retroceso desde el agregador 104 (que se puede considerar como un único "tubo" lógico) se puede hacer menos "a ráfagas" reduciendo el consumo de recursos de señal y reduciendo la sobrecarga de la señalización.

Los agregadores se encienden y apagan, típicamente, de manera dinámica en dependencia de las condiciones que afectan al rendimiento de la red. Estas condiciones de rendimiento incluyen tanto las condiciones de la red (tales como interferencia, carga, etc.) como otras condiciones que podrían afectar al rendimiento del sistema (tales como el nivel de actividad previsto en la celda en un momento o fecha dada, la presencia y/o el número de agregadores candidatos en localizaciones adecuadas, la distribución de los UE en las localizaciones del borde de la celda, y/o el nivel de consumo de recursos por los dispositivos de comunicación en el área de cobertura potencial de los respectivos agregadores candidatos).

En ciertos casos, la cobertura de la macro capa existente se usa para enlace de retroceso y una tecnología/banda diferente de la usada para el enlace de retroceso se usa como una interfaz de radio para extender la cobertura a dispositivos de comunicación (móviles) 110 cercanos. La extensión de cobertura, por lo tanto, se suministra a los dispositivos de comunicación 110 cercanos mediante agregadores que operan "fuera de banda" con respecto a las frecuencias de operación de macro capa.

En un ejemplo, la macro capa opera usando portadoras LTE en bandas de frecuencia de alrededor de 800 MHz o 1800 MHz, mientras que la celda 150 proporcionada por el agregador a los dispositivos de comunicación cercanos

- 5 opera a 2600 MHz. En otro ejemplo, la macro capa opera usando portadoras LTE en bandas de frecuencia de alrededor de 2600MHz usando una tecnología FDD mientras que la extensión de celda proporcionada por el agregador a los dispositivos de comunicación cercanos opera a 2600MHz en una tecnología TDD. Además, el lector apreciará que bandas de frecuencia fuera de banda adicionales pueden estar disponibles en frecuencias para las que no se necesita licencia, tales como las bandas de 2.4GHz y 5GHz usadas por las tecnologías WiFi convencionales (es decir, conforme con la familia de estándares IEEE 802.11) o en el espectro de infrarrojo cercano y de luz visible usados por las tecnologías de comunicaciones de luz, como comunicaciones de luz visible, VLC (a la que se hace referencia algunas veces como "Li-Fi").
- 10 Los agregadores (y los agregadores candidatos) se pueden fijar en una única localización tal como lo son los transceptores de estaciones base de celda pequeña convencionales: determinar u obtener una localización de tales dispositivos es esencialmente una cuestión de comprobación de que este estado fijo no se haya alterado. Igualmente y sin pérdida de generalización, se apreciará que en muchos casos los agregadores (y los agregadores candidatos) son móviles en sí mismos. Mientras que en ciertas realizaciones, es un requisito que el agregador sea estático cuando está activo, también se contempla que el agregador se pueda mover a otro sitio y activar en el nuevo sitio, se hace referencia a tales dispositivos de comunicación como "nómadas", a diferencia de los dispositivos "fijos". Un ejemplo específico de un dispositivo nómada surge cuando el agregador candidato se instala en un vehículo a motor, tal como un coche de viaje diario al trabajo: el vehículo se conduce desde una localización de origen (donde puede estar estático) a una localización de oficina (donde, después de que el viaje se completa, el dispositivo puede permanecer de nuevo sin moverse a lo largo de la jornada de trabajo).
- 15 El AC 102 es una entidad lógica central (por ejemplo, un servidor), que puede o no estar integrada dentro de los elementos de la Red de Acceso por Radio del 3GPP. El AC 102 monitoriza las condiciones que afectan al rendimiento de la red para ayudar a decidir qué UE 104 (u otros dispositivos de comunicación conectados a la red) actuarán como agregador.
- 20 Ciertas implementaciones del AC 102 obtienen información de todos los dispositivos de comunicación conectados a la red en un sector dado antes de determinar cuáles de estos dispositivos pueden actuar como agregadores en virtud del estado del dispositivo y la localización actual. Esta determinación se repite para los sectores respectivos a intervalos de tiempo: en ciertos casos, los intervalos son iguales en duración, mientras que en otros, los intervalos son de duración variable y se pueden adaptar al comportamiento conocido o previsto de los dispositivos de comunicación usando la red.
- 25 El AC puede determinar repetidamente si, bajo un conjunto de criterios básicos (es decir, condiciones de rendimiento tales como las condiciones de red, la localización actual y el estado de los dispositivos de comunicación, etc.), cualquier dispositivo en un sector dado debería entrar en servicio como agregador en absoluto. Los criterios pueden incluir una medida del beneficio comparativo de introducir una facilidad de agregador en comparación con no tener una facilidad de agregador en un sector dado.
- 30 El AC es capaz de establecer, mantener y desactivar comunicaciones con los agregadores candidatos, es decir, que esos UE u otros dispositivos de comunicación conectados a la red determinados tengan la capacidad de actuar como agregadores. Esta capacidad (proporcionada a través de una capa de aplicaciones transportada sobre el plano de usuario de la macro capa, por ejemplo) permite que el AC:
- 35
- 40 • obtenga información de todos los UE que pueden actuar como agregadores 104, esta información puede incluir factores de rendimiento tales como la localización y su precisión, las RAT soportadas y las tecnologías relacionadas (tales como tecnologías WiFi convencionales, tecnologías VLC, etc.), las bandas de frecuencia operativas soportadas, características de la batería, estado y consumo actual de la batería; y/o
 - 45 • proporcione comandos a los agregadores 104, tales como: comandos para configurar una capa de control de agregador usando algún algoritmo específico dependiendo de las condiciones de rendimiento tales como las obtenidas de los agregadores 104, para seleccionar la RAT/banda a ser usada en tal capa, para iniciar la transmisión, para enviar comandos de traspaso a los UE agregados (es decir, los dispositivos de comunicación 110 cercanos servidos por los agregadores 104), para detener la transmisión, y/o para enviar información a la capa de control de agregador.
- 50 En ciertas implementaciones, el AC 102 puede comunicarse con el eNodoB de LTE o el RNC de 3G con el fin de "mover", a través de un traspaso a una RAT/frecuencia específica, un terminal (u otro dispositivo de comunicación) que se establece que actúe como agregador 104. Este movimiento puede ser un cambio en las celdas de servicio: en tales casos, la comunicación con el eNodoB de LTE o RNC es una solicitud de un traspaso del agregador 104 desde una celda actual a una celda vecina: la comunicación con el eNodoB o RNC es necesaria entonces, dado que los trasposos están bajo el control del eNodoB de LTE (para 3G, el control se hace por el RNC). El movimiento también podría ser una reelección forzada: en cuyo caso, la comunicación con el eNodoB de LTE sería innecesaria.
- 55 En ciertas implementaciones, el AC 102 puede establecer una comunicación directa adicional con los UE 110 "normales" (es decir, aquellos dispositivos de comunicación que no están asignados actualmente para actuar como

agregadores). Esta comunicación directa puede ser a través de una aplicación preinstalada, por ejemplo, configurada para recopilar información de rendimiento adicional, tal como la intensidad/calidad de las señales recibidas en la celda 100 en la que los UE 110 normales están asentados/conectados, y/o datos sobre la intensidad/calidad de las señales recibidas en otras RAT/bandas, y/o información de localización.

5 En ciertas implementaciones, los dispositivos de comunicación 104 habilitados con agregación (es decir, agregadores o dispositivos candidatos) también son nodos de retransmisión. Tales dispositivos pueden transferir datos para un grupo de dispositivos de comunicación conectados a la red como un nodo de retransmisión convencional, mientras que sirven a otro grupo de dispositivos de comunicación conectados a la red como agregador.

10 El agregador 104 es distinto de un nodo de retransmisión típico en una serie de aspectos. En primer lugar, los nodos de retransmisión están enlazados con una celda donante en particular. Se supone que son estáticos y están totalmente bajo el control del operador de la red a través del eNB que proporciona la celda donante. Además, los nodos de retransmisión se operan típicamente usando recursos de radio asignados a ellos por la celda donante y, de este modo, se integran en la programación de la macro celda. En términos lógicos, una conexión desde un
15 dispositivo de comunicación a la red central a través de un nodo de retransmisión es la misma conexión lógica que aquella entre el dispositivo de comunicación y la red central a través del eNB donante: un recurso que se asignaría dentro de la macro capa para la conexión directa desde el dispositivo de comunicación al eNB se asigna, en su lugar, a la conexión indirecta a través de la unidad de retransmisión.

20 La macro capa (es decir, proporcionada por el eNB 120) y el agregador 104 proporcionan conexiones lógicas separadas entre la Red Central y el dispositivo de comunicación 110, con el agregador 104 que es "configurable" para proporcionar esta conexión. Mientras que el nodo de retransmisión proporciona una ruta física alternativa a condición de que el dispositivo de comunicación se asiente en la celda de retransmisión en lugar de en la celda donante, el AC 102 asegura que la red puede controlar si un candidato (o grupo de candidatos) dado para el agregador está habilitado (es decir, entra en servicio como agregador) y, de este modo, determina las condiciones
25 bajo las cuales el dispositivo de comunicación conmuta entre una conexión establecida por la RAN y una conexión establecida por el agregador (cuando se ejemplifica).

30 Las Figuras 2A y 2B ilustran una red de acceso por radio adicional donde ciertos dispositivos de comunicación se asignan dinámicamente como agregadores dentro de una red de múltiples celdas. Este escenario demuestra que el agregador no es, no obstante, meramente una estación transceptora base "temporal". A medida que el agregador se activa y desactiva para esto (es decir, de manera oportunista) en base a la necesidad de la RAN como un todo, se contempla que a ciertos dispositivos de comunicación 204 asentados en las celdas vecinas 280 se les podría asignar un estado de agregador: en la Figura 2B, cada dispositivo de comunicación 204 habilitado con agregador, activado proporciona una celda de agregador 250 respectiva.

35 Tales agregadores 204 pueden estar dispuestos para proporcionar una funcionalidad de estación base más eficaz a los dispositivos de comunicación en la celda 200 que sirven actualmente a un dispositivo de comunicación 210 convencional. Si bien ese agregador 204 normalmente estaría fuera del alcance de la celda de servicio 200, sin embargo, se puede activar a través del AC 202.

40 Como el AC 202 no necesita estar asociado específicamente con una celda 200 dada, sino más bien con una red que puede incluir una pluralidad de celdas (200, 280), el AC 202 está adaptado para ver la red holísticamente. Activando las facilidades de agregadores 204 que se asientan fuera de la cobertura (macro capa) de una celda 200 pero que todavía sirven a los dispositivos de comunicación 210 dentro de esa celda 200, el AC 202 aún puede dar un beneficio general a la red.

45 La Figura 3 ilustra los elementos funcionales de un controlador de agregador 300 adecuado para habilitar, controlar y deshabilitar una capa de agregador en la arquitectura de red de las Figuras 1A, 1B, 1C, 2A o 2B. Estos elementos funcionales se pueden implementar como rutinas de software y/o como unidades de hardware dedicadas, siendo estos elementos sustancialmente intercambiables.

50 Los elementos funcionales incluyen un módulo de comunicación 320 para obtener información de agregadores potenciales estableciendo una comunicación a través de una capa de aplicaciones con estos dispositivos. La información obtenida contribuye a los factores que afectan al rendimiento de la red de la cual depende el establecimiento de una conexión entre los agregadores y los dispositivos de comunicación cercanos, y puede incluir: una localización actual (por ejemplo, información de localización derivada de sistemas de posicionamiento por satélite globales o regionales, tales como el Sistema de Posicionamiento Global, GPS, GLONASS, BeiDou/COMPASS, IRNSS o Galileo); información histórica (que cubre, por ejemplo, las últimas dos semanas) de la localización del agregador candidato; nivel de movilidad física en la actualidad (es decir, si se mueve o no); una
55 medida de la cobertura de radio de LTE en la macro capa; un indicador del nivel de la batería, el consumo actual, la batería restante esperada, etc.; información concerniente a las celdas vecinas del agregador, con respecto a la conexión entre el agregador y la macro capa RAN; y una medida de las mejoras (o de otro modo) esperadas, después de encender una capa de agregador en una región específica de la red de radio, las mejoras que se miden en términos de latencia (es decir, tiempo de espera de datos), por ejemplo. Esta información se puede poner a

disposición en la capa de aplicaciones a través de una aplicación cliente de agregador que se ejecuta en los respectivos dispositivos agregadores candidatos.

Una razón para obtener tal información se relaciona con la naturaleza de los dispositivos que son candidatos. Es probable que muchos de los agregadores candidatos sean de hecho "nómadas", cambiando (es decir, que viajan diariamente) entre dos o más localizaciones estáticas durante un período de horas o días. De este modo, para muchos dispositivos candidatos, las características de la red cambiarán a medida que se mueven dentro de la red: un dispositivo de comunicación que sea un agregador candidato adecuado en una localización dada, X , y en un tiempo dado, T , puede no ser adecuado en otro lugar, $X + x$, en un instante posterior, $T + t$: específicamente si la localización está lo suficientemente cerca como para extender una celda de agregador al borde de la celda (macro capa) en T , pero fuera del rango del borde de la celda en $T + t$. De este modo, el controlador 300 necesita obtener esta información para informar de las decisiones en cuanto a si el dispositivo de comunicación es (actualmente) un agregador candidato y si, si es un agregador candidato, se debería activar/desactivar como agregador.

Opcionalmente, el módulo de comunicación 320 se puede configurar para obtener información adicional de dispositivos de comunicación distintos de los agregadores; esta información adicional que es análoga a la información obtenida de los agregadores candidatos y que contribuye de manera similar a los factores que afectan al rendimiento de la red de la que depende el establecimiento de una conexión entre agregadores y dispositivos de comunicación cercanos. Se puede instalar una aplicación cliente no de agregador específica en algunos de o en todos los dispositivos de comunicación dentro de una red para proporcionar esta información adicional.

El módulo de comunicación 320 también se puede configurar para obtener información de macro capa (es decir, datos que conciernen a las condiciones de la red) desde la macro capa que concierne al nivel actual de consumo de recursos de los programadores, mapas de cobertura y (si están disponibles) mapas de tráfico en tiempo real.

Los elementos funcionales incluyen un módulo de selección 330 para seleccionar (y comunicarse con) los agregadores que tienen que iniciar la transmisión de una celda de agregador y para determinar cuál de la tecnología/bandas frecuencia soportadas han de usar en operación los agregadores seleccionados.

También se proporciona un módulo de monitorización 340 para evaluar las condiciones de rendimiento (tales como las condiciones de la red y otras condiciones que afectan al rendimiento) para determinar cuál de los agregadores seleccionados actualmente continuará su transmisión.

En los casos en los que un cambio en el agregador se indica por el módulo de monitorización 340, el módulo de selección 330 se puede configurar además para seleccionar (y comunicarse con) esos agregadores que deberían detener su transmisión (y, por ello, dejar de estar en servicio como agregador).

Cuando se habilita una capa de agregador en un sector o celda dado de una red de radio, el controlador de agregador primero da instrucciones a uno o más dispositivos de comunicación (preseleccionados para que actúen como agregadores) para comenzar a irradiar la cobertura (es decir, para implementar una "celda" de agregador).

En la Figura 4, se ilustra la actividad de los dispositivos de comunicación cerca de un agregador activo. Una vez que un agregador dado comienza a irradiar la cobertura a su propia celda 405, el comportamiento de los dispositivos de comunicación cercanos se adapta en consecuencia.

Los dispositivos de comunicación cercanos (es decir, terminales, tales como los UE) que están en modo inactivo, se asentarán automáticamente en la celda de agregador recién establecida 420 (en virtud de la reelección del modo inactivo convencional de la celda con la intensidad de señal más fuerte acoplada con la priorización de las capas LTE difundidas por el eNodoB de LTE). Si el dispositivo inactivo cercano a partir de entonces entra en un modo activo 430, la transmisión se inicia (o no se inicia) sobre la celda de agregador 440. Cuando hay una conexión existente en curso a través de la macro capa de la RAN (es decir, se determina que el dispositivo de comunicación cercano está activo en la macro capa) 410, la RAN opcionalmente puede, bajo petición del controlador de agregador, mover (es decir, transferir) la comunicación en curso del dispositivo cercano respectivo hacia la celda de agregador 415. Si se hace tal solicitud, la transmisión se inicia (o continúa) sobre la celda de agregador 440.

La Figura 5 ilustra los elementos funcionales de un dispositivo de comunicación 500 adecuado para su uso como agregador en la arquitectura de red de la Figura 1A, 1B, 1C, 2A o 2B.

El dispositivo de comunicación 500 incluye una memoria 510, unidad de localización 520, un procesador 540, dispositivos de entrada/salida 550 y una unidad de interfaz de red 560 que tiene un módulo transceptor 565. Los datos se transfieren entre los diversos componentes a través de un bus 545. Para operar como agregador, la unidad de interfaz de red 560, a través de su módulo transceptor 565, debe ser capaz de establecer dos interfaces de red separadas: una interfaz de enlace de retroceso y una interfaz de extensión de cobertura. En ciertas implementaciones, el módulo transceptor opera en al menos dos conjuntos de bandas de frecuencia: un conjunto de bandas que corresponden a la RAT de la macro capa y conjunto de frecuencias "fuera de banda" adicional no usadas por la RAT. En algunos casos, las comunicaciones en el conjunto de frecuencias "fuera de banda" usan una RAT diferente de la macro capa.

En ciertas implementaciones, el enlace de retroceso y la interfaz de extensión de cobertura podrían usar la misma frecuencia de trabajo/RAT que un nodo de retransmisor convencional con el fin de facilitar el despliegue de escenarios de múltiples saltos, en los que se despliegan cadenas de entidades de Red de Acceso por Radio. Por ejemplo, un primer agregador puede parecer a otros dispositivos de comunicación como un eNodoB Donante y un segundo agregador puede parecer al primer agregador como un UE convencional al tiempo que proporciona su propia celda a los dispositivos de comunicación cercanos que aparecen a ellos como un Nodo de Retransmisión convencional.

Claramente, la conexión de enlace de retroceso desde la interfaz de enlace de retroceso del dispositivo de comunicación 500 no necesita ser una conexión inalámbrica celular y puede incluir una conexión inalámbrica no celular y/o una conexión de línea fija usando una tecnología de conexión tal como: tecnología de cable de fibra óptica; tecnologías Ethernet; una tecnología xDSL de línea fija; una tecnología de enlace de retroceso de microondas; comunicaciones con luz visible, VLC y/o una tecnología Wi-Fi.

Como se ha señalado anteriormente, se anticipa que muchos de los agregadores candidatos se mueven entre dos o más localizaciones estáticas durante un período de horas o días. Por lo tanto, es importante que el dispositivo de comunicación 500 pueda, usando los datos obtenidos de la unidad de localización 520, proporcionar informes adecuados de los cambios en la localización, lo que a su vez puede informar de las decisiones del controlador en cuanto a si el dispositivo de comunicación se considera un agregador candidato y si, si es un agregador candidato, se debería activar/desactivar como agregador.

La unidad de localización 520 puede incluir una unidad de sistema global de navegación por satélite (GNSS), tal como una unidad del sistema de posicionamiento global (GPS) o similar para proporcionar información de localización para el dispositivo de comunicación 500, así como sincronización de celda si no están disponibles otros métodos. Alternativa o adicionalmente, la unidad de localización 520 puede obtener una "corrección" de localización por inferencia de la RSRP junto con el conocimiento de la localización de los sitios de celda en la macro capa.

Obteniendo una pluralidad de correcciones de localización del dispositivo de comunicación 500 en diferentes momentos (conocidos), el dispositivo de comunicación 500 puede determinar su nivel de movilidad actual. El nivel de movilidad se puede determinar como una determinación binaria, es decir, el dispositivo puede ser "estático" o "no estático": claramente, no obstante, un nivel de movilidad no estática se puede distinguir más finamente caracterizando el grado y la naturaleza de las situaciones de movilidad, por ejemplo, escenarios semiestáticos/nómadas, alta movilidad, estática en relación con otros (pero cambiando la localización), etc. Alternativamente, el dispositivo de comunicación 500 puede notificar cada corrección de localización (junto con una marca de tiempo) al controlador y el controlador puede determinar el nivel de movilidad actual del dispositivo de comunicación 500. En este último caso, el informe persistente de las correcciones de localización puede incurrir en un coste más alto en términos de uso de batería necesario para facilitar la transmisión de tales informes.

En ciertas realizaciones, el dispositivo de comunicación no se considera un dispositivo agregador candidato si el nivel de movilidad no es "estático". En otros casos, puede haber estados de movilidad no estáticos que, sin embargo, califican que el dispositivo de comunicación se considere un dispositivo agregador candidato (por ejemplo, se puede determinar que el movimiento detectado sea a una velocidad inferior a una velocidad umbral predeterminada, o el cambio de localización puede estar dentro de una zona geográfica limitada). En este último caso, el controlador puede determinar que un patrón de operación alternativo (tal como la selección de rutinas de selección de agregador que sean más adecuadas para tales situaciones no estáticas de calificación) puede ser necesario para asegurar el uso eficaz de dispositivos de comunicación que tengan estados de movilidad de calificación.

Si bien no se muestra, el dispositivo de comunicación 500 se puede alimentar a partir de una batería, tal como una batería de ion de litio recargable, convencional en el campo de los dispositivos de comunicación celular portátiles, tales como teléfonos inteligentes. El nivel de esa batería se puede monitorizar convenientemente. Alternativamente o además de los criterios de movilidad tratados anteriormente, el dispositivo de comunicación puede ser rechazado como dispositivo agregador candidato si el nivel de batería monitorizado cae por debajo de un umbral de nivel de batería.

En la presente discusión, será fácilmente evidente para el lector que se pueden usar muchos factores alternativos y complementarios para determinar si un dispositivo de comunicación dado se puede considerar listo para actuar como agregador: el estado de movilidad como se ha tratado anteriormente es uno de una serie de criterios útiles sobre los cuales se puede determinar la disposición. De hecho, el estado de movilidad como se ilustra, donde se hace una dicotomía simple entre estado "estático" y "no estático", es claramente una simplificación de una determinación más compleja de una pluralidad de categorías de "estado de movilidad" (que podría abarcar múltiples grados y/o tipos de "movilidad", por ejemplo).

Por ejemplo, el estado de movilidad se puede categorizar como:

- Estacionario - el dispositivo está completamente estático sin ningún movimiento detectado. El cálculo de localización de análisis de señal de RF puede requerir un dispositivo completamente estático. Se considera que

un dispositivo es estático con respecto a las señales transmitidas y recibidas, pero puede haber pequeños cambios en la posición real del dispositivo que no se pueden detectar y que no afectan a las señales transmitidas o recibidas.

5 - Semiestático - el dispositivo no está completamente estático, sino que permanece en la misma celda de la macro red y no se aleja del punto original. El dispositivo puede moverse pero permanece en un área bastante similar.

- Movimiento: Baja velocidad - El dispositivo está moviéndose lentamente, por ejemplo, a velocidades de peatones (típicamente 3 Km/h). El dispositivo puede cambiar la macro celda.

10 - Movimiento: alta velocidad. El dispositivo está moviéndose rápido (por ejemplo, a velocidades de vehículo, típicamente por encima de 50 km/h) y puede cambiar la macro celda.

15 Para que un dispositivo se determine que está "listo para agregador", debe cumplir ciertos criterios físicos (por ejemplo, estar encendido, ser capaz de recibir y enviar señales según un protocolo apropiado, etc.) y cumplir uno o más criterios de idoneidad: por ejemplo presentar un estado de movilidad que permite una operación de agregador eficaz. La duración de la batería es un ejemplo significativo de un criterio físico que también se consideraría para determinar la disposición para actuar como agregador.

Incluso si existen condiciones que sugieren que sería posible desplegar una o más capas de agregación en una red de comunicación celular, debe haber una buena razón para decidir configurar una capa de agregador: en esencia, es necesario que haya algún beneficio esperado tangible al hacerlo así en lugar de persistir con la operación de macro capa normal.

20 Las Figuras 6A y 6B muestran un diagrama de flujo de ciertas operaciones realizadas por una entidad controladora en la determinación de si se soporta la activación de una facilidad de agregador.

25 En la operación S610, el controlador obtiene valores para una o más métricas relacionadas con la celda o con el usuario, a las que se hace referencia en lo sucesivo como "métricas de celda", comprobando por ello el rendimiento de la macro capa. Las métricas de celda pueden incluir, por ejemplo, mediciones de: carga de celda (por ejemplo, uso de bloque de recursos (RB)), caudal de celda, número de dispositivos de comunicación activos situados en partes predefinidas del área de cobertura de celda, un valor de "felicidad" para los usuarios (latencia medida en la transferencia de datos, tiempo de espera de enlace ascendente o un valor obtenido por inferencia a partir de la realimentación del usuario en servicios de redes sociales, por ejemplo); y/o el uso de recursos de control (por ejemplo, el uso de PDCCH).

30 Las métricas de celda proporcionan una medida del rendimiento de la macro capa que se usa en la determinación de si las condiciones en un área dada de cobertura de radio ofrecida por una red de comunicación celular soportan la activación de una facilidad de agregador. En este caso, el área de cobertura de radio dada se puede seleccionar de: un área de cobertura de macro celda para al menos una macro celda dentro de la red de telecomunicaciones celulares; un área de cobertura para al menos un sector dentro de la macro capa de la red de telecomunicaciones celulares; y el área de cobertura de toda la red de telecomunicaciones celulares.

35 En ciertos casos, el controlador se puede configurar para definir el área dada de cobertura de radio que ha de soportar la activación de una facilidad de agregador identificando un subconjunto de celdas disponibles para las cuales se mantienen una o más condiciones de parámetros de celda, por ejemplo, más de un número dado de celdas en el subconjunto tiene una métrica de celda y/o métrica de usuario menor que el valor umbral correspondiente. Esto podría dar como resultado que el área de cobertura de radio que ha de soportar la activación de una facilidad de agregador sea un subconjunto de las celdas en la red celular que cubre una ciudad entera.

40 En la Figura 6A, por ejemplo, esta determinación implica dos etapas distintas: la operación S612, que trata de ciertas condiciones mantenidas que harían la activación de una facilidad de agregador deseable (incluso necesaria), y la operación S614, que trata de condiciones adicionales que determinarían si tal instalación sería factible. En planteamientos alternativos, las condiciones que soportan la activación de una facilidad de agregador se pueden realizar de otras formas, en particular las operaciones S612 y S614 se pueden realizar en paralelo una con otra o en orden "inverso"; además, todas las condiciones se pueden evaluar en un único procedimiento en base a las métricas de la celda.

45 En la operación S612, el controlador determina si las métricas de celda cumplen con los valores umbral objetivo. Esta operación puede incluir: determinar si la carga de la celda (es decir, el uso de RB) excede un umbral de carga mientras que el caudal está por debajo de un umbral de caudal mínimo; determinar si el número de usuarios en una región de la celda (tal como el borde de la celda) excede un umbral de número de usuarios, mientras que el caudal por aplicación (en inglés, App) cae por debajo de un umbral de caudal mínimo de la aplicación (en inglés, App) (una App es una aplicación de software ejecutable en el dispositivo de comunicación de un usuario: las aplicaciones (en inglés, Apps) que dependen de la conectividad de la red se pueden ver afectadas si el caudal asignado está por debajo de algún umbral, por ejemplo, una aplicación (en inglés, App) de difusión en forma continua de video con un caudal menor que 300 kbps proporcionaría una salida de visualizador inadecuada); determinar si una métrica de

felicidad (ya sea agregada para un número de usuarios o un grupo de usuarios o no) está por debajo de un umbral de felicidad; y/o determinar si el uso de los recursos de control (tales como un PDCCH) excede un umbral de recursos de control.

5 Si las métricas de la celda cumplen con las condiciones de umbral objetivo, el controlador concluye que se mantienen las condiciones necesarias para el despliegue de la capa de agregador y se mueve a la operación S614.

En la operación S614, el controlador determina si se mantienen ciertas condiciones suficientes para el despliegue de la capa de agregador. El controlador determinó, de este modo, si será posible el despliegue eficaz de la capa de agregador. La operación S614 puede incluir determinar:

10 si hay dispositivos de comunicación habilitados con agregador (es decir, dispositivos agregadores candidatos) en la celda y si estos dispositivos de comunicación tienen ciertas características en términos de movilidad (por ejemplo, son, han sido durante una cantidad de tiempo y/o se espera que sean "estáticos");

si hay dispositivos de comunicación (habilitados con agregador o no) en una o más macro celdas con ciertas características en términos de movilidad (por ejemplo, son, han sido durante una cantidad de tiempo y/o se espera que sean "estáticos");

15 si el controlador tiene acceso a los datos concernientes a la pérdida de trayecto hacia la macro celda y/o entre dispositivos de comunicación (por ejemplo, UE/terminales) y/o información de localización de los agregadores y/o los otros dispositivos de comunicación;

si hay dispositivos de comunicación en cobertura de agregadores potenciales;

20 si hay una coincidencia entre las capacidades (tecnología/banda soportada) entre agregadores y los dispositivos de comunicación cercanos;

si al menos algunos de los agregadores tienen suficiente duración de la batería para mantener la funcionalidad de agregador durante un período de tiempo predeterminado;

si se mantienen condiciones de baja interferencia; y/o

25 si están disponibles recursos de espectro y tecnología necesarios para su uso en el despliegue de la capa de agregador.

Si el controlador concluye que se mantienen condiciones suficientes para el despliegue de la capa de agregador, el controlador a continuación realiza la operación S616. En ciertos planteamientos alternativos, el controlador realiza la operación S616 antes o en paralelo con las operaciones en S612 y/o S614.

30 En la operación S616, el controlador hace una determinación preliminar de si se esperaría un beneficio para la red si la red fuera a desplegar la capa de agregador. Esta determinación preliminar considera un número limitado de propiedades de las métricas de celda obtenidas en la operación S610 y, de este modo, se basa en un subconjunto de la información necesaria para el despliegue de la capa de agregador: por ejemplo, se esperaría un beneficio en esta etapa porque había varios usuarios estáticos en el borde de la celda bajo la cobertura potencial de algunos agregadores estáticos o porque hay celdas pequeñas con capacidad no usada en un área cercana a algunos usuarios estáticos pero con agregadores situados en su área de cobertura.

35 Si se determina que o bien las condiciones necesarias (en la operación S612) o bien las condiciones suficientes (en la operación S614) no están presentes, el controlador espera un período de tiempo predeterminado (ajustando un temporizador, por ejemplo) y entonces obtiene un conjunto adicional de métricas de celda (en la operación S610). Del mismo modo, si se determina que no se esperan beneficios del despliegue de la capa de agregador (en la operación S616), el controlador volverá de nuevo a la operación S610 y obtendrá un conjunto adicional de métricas de celda.

40 Si, no obstante, en la operación S616, el controlador hace una determinación preliminar de que habría un beneficio esperado, en principio, para la red si fuera a ser desplegada la capa de agregador, el controlador inicia una fase de operación más detallada (ilustrada en la Figura 6B) recopilando información de rendimiento adicional, operación S620 (además de las métricas de celda obtenidas en la operación S610).

45 Durante la recopilación de información de rendimiento adicional, operación S620, el controlador obtiene una lista de dispositivos de comunicación habilitados con agregador (es decir, agregadores candidatos) asentados actualmente dentro de una macro celda dada, usando actualizaciones de información recibidas, en intervalos separados temporalmente, de los agregadores. Además de la lista de agregadores candidatos, la información de rendimiento adicional puede incluir algo de o toda la siguiente información obtenida de los respectivos agregadores:

- localización (del agregador de actualización). Esta información de localización se puede obtener por el agregador por inferencia de la RSRP y/o usando una unidad de GPS.

- pérdida de trayecto/SINR (medida en el agregador de actualización). Esto puede ser con respecto a la macro celda actual o a un conjunto de macro celdas.
- nivel de movilidad (estático o no) medido por el agregador en sí mismo
- información sobre la localización y/o la pérdida de trayecto de todos los UE u otros dispositivos de comunicación conectados a la red que son estáticos (opcionalmente, esto se puede filtrar para relacionar solamente con los UE que son estáticos y que además se espera que permanezcan estáticos analizando y usando información histórica geolocalizada del UE) y que estén asentados/o estén/hayan estado conectados allí.

El controlador procesa algo de o toda esta información de rendimiento para evaluar la distancia relativa y la pérdida de trayecto/SINR (o calidad similar) entre los agregadores candidatos y los dispositivos de los usuarios en la celda.

En ciertas realizaciones, el controlador hace una selección de agregadores de entre los dispositivos de comunicación habilitados con agregador según un único algoritmo de selección de agregador. En otras realizaciones, puede haber una pluralidad de rutinas (es decir, algoritmos) de selección de agregador disponibles y primero es necesario determinar qué rutina adoptar. Cuando se requiera, la operación de determinar qué rutina usar puede ser cualquier operación de selección convencional.

La Figura 6B ilustra una realización en la que está disponible una pluralidad de rutinas de selección de agregador. En este caso, las respectivas rutinas de selección de agregador disponibles se pueden adaptar cada una a las respectivas condiciones de rendimiento diferentes. En la operación S622, se determina un algoritmo correspondiente a una de estas rutinas dependiendo de la disponibilidad de información de rendimiento adicional específica, tal como información de localización de agregador o datos de medición de pérdida de trayecto. En los casos en los que solamente está disponible un único algoritmo de selección de agregador, la determinación de qué algoritmo usar es trivial y se puede omitir la operación S622.

Una vez que se determina qué rutina (es decir, algoritmo) es adecuada a la información de rendimiento adicional disponible, este algoritmo determina, en su caso, qué dispositivos habilitados con agregador se deberían activar para la funcionalidad de agregador y define los subprocesos mediante los cuales se calculará el beneficio (es decir, la ganancia alcanzable) a partir del despliegue de la capa de agregador. El algoritmo sirve de este modo para seleccionar agregadores de entre los agregadores candidatos para el despliegue de la capa de agregador. La operación de este algoritmo se ilustra como la operación S624 en la Figura 6B.

En la operación S624 (ya sea si esta es la única rutina de selección de agregador disponible o una rutina que se determina que es adecuada a la información de rendimiento adicional disponible en la operación S622), el controlador hace una selección de entre los dispositivos de comunicación habilitados con agregador, esta selección que es una selección de uno o más agregadores en base a o bien las características individuales de los respectivos agregadores seleccionados o bien las características colectivas cuando los agregadores seleccionados se consideran como un grupo seleccionado de entre los dispositivos de comunicación habilitados con agregador.

Mientras que la presente realización contempla el uso de una única rutina de selección de agregador dentro de una única área, esto no excluye el uso de más de una rutina de selección, por ejemplo, el uso de una primera rutina de selección de agregador durante las horas pico del día o de la semana y una segunda rutina de selección de agregador en otros momentos. Además, se contempla igualmente que cuando se consideran por separado dos áreas de cobertura de radio, cada área puede adoptar una respectiva rutina de selección de agregador diferente coherente con la información relativa a los dispositivos agregadores candidatos que se pueden obtener.

De este modo, es posible que la elección de la rutina de selección de agregador se pueda fijar en base a conocimiento empírico (usando rutinas para las cuales ha estado disponible suficiente información de manera histórica, porque la penetración de terminales que soportan una aplicación cliente de operador de red ha llegado a ser suficientemente alta, digamos) o dinámica (en base a cuánta información está disponible actualmente para cada rutina).

Se contempla además que la elección de qué rutina de selección adoptar se puede regir por una métrica de calidad de la efectividad de cualquier rutina dada en función de la cantidad de información relevante que se puede recopilar. Obteniendo información que se podría usar por una o más de las posibles rutinas y descartando las rutinas para las cuales la información disponible es de manera que su métrica de calidad es demasiado baja, se elegiría entonces la rutina cuya métrica de calidad implica que puede proporcionar la ganancia más alta para la red.

En ciertas realizaciones, la selección de agregadores incluye la selección como un grupo de algunos o todos los posibles grupos o subconjuntos diferentes de dispositivos de comunicación habilitados con agregador, cada grupo que se denomina "grupo de evaluación". Entonces se calcula una ganancia esperada para cada grupo de evaluación.

En otras realizaciones, la selección de agregadores es la selección de dispositivos individuales (es decir, subconjuntos de dispositivos de comunicación habilitados con agregador que tienen un único miembro cada uno). En este caso, la ganancia esperada se calcula para cada agregador candidato individual.

5 La ganancia esperada (alcanzable) resulta de una evaluación de la mejora esperada en una métrica de celda dada: esta métrica de celda puede ser las, o una de las, métricas de celda obtenidas en la operación S610. Por ejemplo, la ganancia esperada puede ser el resultado de una comparación entre a) el valor de esa métrica de celda dada cuando se selecciona el o cada agregador y b) el valor experimentado (es decir, medido) actualmente de esa métrica de celda.

10 En ciertos casos, la ganancia esperada se puede expresar como la diferencia entre el valor de una métrica de celda dada predicha para un grupo de evaluación dado (evaluado antes de activar realmente ese grupo para la funcionalidad de agregador) y el valor actual de la métrica de celda dada. Cuando no se activan dispositivos de comunicación habilitados con agregador, el valor actual de la métrica de celda es el valor medido de la métrica de celda para la red de comunicación celular donde no se activa ninguna funcionalidad de agregador. De otro modo, el valor actual de la métrica de celda es el valor medido de la métrica de celda para la red en la que un grupo actual de dispositivos de comunicación habilitados con agregador se activan para la funcionalidad de agregador, dicho grupo actual no necesita ser el grupo de evaluación. La predicción de la métrica de celda puede ser una función de la información de rendimiento adicional recopilada en la operación S620.

20 Cuando se determina la ganancia esperada para grupos de evaluación o agregadores candidatos individuales, el algoritmo de selección de agregador entonces evalúa las ganancias esperadas respectivas para algunos de o todos los diferentes agregadores o grupos de agregadores posibles, el agregador o el grupo de agregadores seleccionado puede ser el individual o el grupo que proporciona la mayor ganancia esperada. Alternativamente, el agregador o grupo de agregadores seleccionado se puede seleccionar a partir de un subconjunto de grupos que tienen ganancias que exceden una ganancia umbral, teniendo en cuenta otras restricciones prácticas tales como mantener los agregadores que ya están activos, a menos que haya una buena razón para detenerlos (por ejemplo, el nivel de la batería que caiga por debajo de un nivel que pueda soportar la operación continua o el movimiento detectado del agregador activo).

25 En la operación S626, el controlador hace una determinación completa de si se esperaría un beneficio para la red si la red fuera a desplegar la capa de agregador modelando el rendimiento de la red para una red con el agregador seleccionado o el grupo de agregadores activados y comparando ese rendimiento con la información de rendimiento de red medido actualmente (como se recoge en la operación S620).

30 En el caso de la selección de agregador usando grupos de evaluación, la determinación completa del beneficio para la red implica comparar la ganancia esperada del uso del grupo de evaluación seleccionado de agregadores con datos representativos del rendimiento de red actual.

35 En un ejemplo específico en el que uno de los subconjuntos seleccionados de agregadores no está activo actualmente, se confirmaría suficiente beneficio de la primera activación de ese subconjunto seleccionado en el que el valor medido de una métrica de celda dada (suponiendo que la métrica de celda dada es la usada en el algoritmo en la operación S624) es significativamente más alto que la métrica de celda medida antes de la activación.

40 En otro ejemplo cuando la capa de agregador está activada (es decir, al menos un subconjunto de dispositivos de comunicación habilitados con agregador se activan para la funcionalidad de agregador), se confirma un beneficio suficiente cuando la ganancia es más alta que una de una métrica promedio de referencia (por ejemplo, datos históricos) o una métrica de celda medida en las últimas N iteraciones anteriores, donde N es un número entero mayor que 1.

45 En ciertos casos, se usa un valor medido de una primera métrica (métrica A) antes de la activación, mientras que después de la activación, se usa en su lugar una segunda métrica (métrica B) diferente. Los indicadores de rendimiento de red de activación previa conocidos (a los que se hace referencia a menudo como KPI, o indicadores de rendimiento clave) se usan con el fin de evaluar la métrica A. Los valores estimados de la métrica A se comparan con los valores medidos conocidos de la métrica A, para indicar si la red necesita asistencia y para deducir que la activación de la capa de agregador proporcionará esa asistencia. Después de la activación, la métrica B se puede calcular usando tanto la activación previa de los KPI almacenados, como los KPI actuales medidos después de la activación. Si la métrica B después de la activación es suficientemente mejor que la métrica B antes de la activación, la capa de agregador se mantiene activa.

50 Si la determinación en la operación S626 es que en efecto se proporciona un beneficio neto desplegando el dispositivo o grupo de dispositivos (es decir, subconjunto) seleccionado como los agregadores, el controlador activa un servidor de agregador (operación S628) para soportar la capa de agregador y da instrucciones a cada uno de los dispositivos de comunicación seleccionados para activar (o mantener activas) sus respectivas funcionalidades de agregador (por ejemplo, ejecutando una rutina en una aplicación cliente de agregador). Estas funcionalidades de agregador incluyen funcionalidades coherentes con la operación como un punto de acceso de arquitectura MiFi (que

55

ofrece el protocolo WiFi y/o conectividad VLC a dispositivos de comunicación cercanos) y/o como una celda pequeña (que ofrece conectividad usando un estándar de telecomunicaciones celulares).

Si bien no se ilustra en la Figura 6B, el controlador puede lanzar convenientemente una rutina de selección de RAT para determinar qué ancho de banda de portadora/RAT/banda se usará por cada agregador (seleccionado), el ancho de banda de portadora/RAT/banda se elegirá entre una o más permutaciones de RAT, banda y ancho de banda de portadora disponible, disponibles para la implementación de una capa de agregador en una celda específica. Por ejemplo, la rutina de selección de RAT puede determinar que, como FDD2.6 de LTE no se usa en la macro celda actual y/o vecina, se puede usar por todos los agregadores seleccionados dentro del rango de esas celdas.

Como se ha tratado en relación con la Figura 4, los dispositivos de comunicación cercanos pueden transferir algo de o todo su tráfico de datos al agregador o agregadores seleccionados de manera diferente dependiendo de si están en estado "inactivo" o "conectado".

En el primer caso, la transferencia de dispositivos inactivos se puede facilitar por el controlador que modifica la lista de celdas vecinas (NCL), que se proporciona a los dispositivos en modo inactivo, con los parámetros de los agregadores activos seleccionados.

En este último caso, el controlador puede determinar si solicitar un traspaso para un dispositivo en estado conectado cuando información, tal como las mediciones de radio de los dispositivos de comunicación en la macro celda se comparan desfavorablemente con las mediciones de radio de los dispositivos de comunicación que usan los agregadores seleccionados (siempre a condición de que tal información esté disponible y pudiera ser de acceso a la función RRM relevante del eNodoB/RNC en la macro celda). Ejemplos de dispositivos de comunicación para los cuales se podría solicitar un traspaso incluyen aquellos dispositivos: a) que están en el área de cobertura de un agregador o agregadores específicos y b) que tienen un indicador de calidad de canal (CQI) y/o RSRP en relación con la macro celda que es peor que el de los agregadores.

Si bien no se ilustra en la Figura 4, el agregador puede ofrecer alternativamente (o adicionalmente) el protocolo WiFi y/o la conectividad VLC a dispositivos de comunicación cercanos (operando por ello como un punto de acceso de arquitectura MIFI). En tales casos, la transferencia sobre la funcionalidad de agregación se puede efectuar informando a los respectivos dispositivos de comunicación cercanos cuyos agregadores ofrecen un punto de acceso en la celda y ordenando que esos dispositivos de comunicación cerca de los puntos de acceso identificados habiliten la transmisión Wi-Fi.

Opcionalmente, el controlador entonces puede buscar optimizar la capa de agregador, operación S630.

La optimización por el controlador puede incluir al menos uno de los siguientes procedimientos:

- comprobar, una vez que un dispositivo de comunicación cercano dado está conectado a un agregador, si ese dispositivo tiene un CQI/SINR/RSRP peor con respecto a la macro celda que con respecto al agregador, y en tal caso será (o puede ser) traspasado a la Macro capa (por ejemplo, emitiendo un comando de traspaso o liberando la conexión de agregación con redirección). Convenientemente, los parámetros de selección para este dispositivo se cambiarían durante una cantidad de tiempo para evitar efectos de ping-pong no deseados (es decir, histéresis);
- comprobar el rendimiento en la capa de agregador frente al rendimiento que se esperaría si un dispositivo de comunicación dado fuera a permanecer en la macro capa, dependiendo de qué información se pueda poner a disposición del controlador y/o del agregador. Ejemplos de la información de rendimiento que se puede comprobar incluyen medidas de métricas de felicidad del usuario, tales como: latencia (es decir, el tiempo de ida y vuelta (RTT) para los paquetes transmitidos y recibidos o el tiempo de espera de enlace ascendente. Ejemplos de la información de rendimiento que se puede comprobar también pueden incluir: datos históricos (tales como el caudal para aplicaciones específicas) obtenidos en la macro capa en una localización similar o igual y en las mismas o similares condiciones de RSRP/CQI;
- comprobar el nivel de interferencia y/o disponibilidad de recursos para el espectro/tecnología usada en la capa de agregador y tomar acciones para mejorar estos parámetros (por ejemplo, crear grupos de utilización de espectro/tecnología, reducir la utilización de esos recursos en la macro capa); y
- optimizar la selección de agregadores teniendo en cuenta la movilidad. Se puede requerir que los agregadores en sí mismos tomen ciertas acciones cuando los usuarios agregados (es decir, los dispositivos de comunicación que usan la facilidad de agregación de un agregador seleccionado) inician la movilidad. Del mismo modo, cuando los agregadores en sí mismos llegan a estar móviles, el controlador puede actuar para alterar el rendimiento del agregador más tarde, por ejemplo, dando instrucciones al nuevo agregador móvil para apagar la funcionalidad de agregación.

La comprobación del rendimiento en la capa de agregador usando RTT puede implicar la comparación de RTT para el mismo paquete usando la macro celda y el servicio de la capa de agregación actual, respectivamente. El uso del

tiempo de espera de enlace ascendente para comprobar el rendimiento puede implicar comparar este tiempo antes y después de la optimización.

5 La comprobación del rendimiento en la capa de agregador usando datos históricos puede implicar la comparación de datos históricos con datos reales obtenidos a través del agregador. También es posible ejecutar pruebas de velocidad periódicas solo para comprobar la calidad actual.

Ya sea optimizado o no como se ha descrito, el controlador itera de nuevo a través de las operaciones S622, S624 y S626, seleccionando uno o más agregadores que pueden ser idénticos al agregador o agregadores seleccionados en iteraciones anteriores o pueden representar un grupo que tiene una constitución diferente de dispositivos de comunicación habilitados con agregador.

10 Periódicamente, se comprueban las métricas de celda, operación S632, y esta información se usa en iteraciones adicionales de las operaciones S622, S624 y S626. Las métricas de celda comprobadas aquí pueden ser las mismas que las obtenidas en la operación S610: igualmente pueden ser diferentes de esas métricas de celda.

15 Si la determinación en la operación S626 es que un beneficio neto no se proporciona de hecho desplegando los dispositivos (o grupo de dispositivos) seleccionados como agregadores, el controlador detiene el uso de la operación de capa de agregador S640. Esto puede implicar dar instrucciones a todos los dispositivos de comunicación habilitados con agregador en la celda para desactivar su funcionalidad de agregador y desactivar el servidor de capa de agregador en el controlador.

20 Después de un segundo tiempo predeterminado (típicamente de mayor duración que el período característico de la iteración de las operaciones S622, S624 y S626), el controlador reinicia la primera fase de determinación del beneficio preliminar del despliegue de la capa de agregador en la operación S610.

Para proporcionar la información necesitada por el controlador para realizar las operaciones descritas en la Figura 6A y 6B, los dispositivos de comunicación están dispuestos para presentar información sobre la cual el controlador puede hacer sus respectivas determinaciones de idoneidad del dispositivo como agregador candidato y si se ha de activar (o desactivar) un candidato adecuado.

25 La Figura 7 muestra un diagrama de flujo ejemplar que muestra ciertas operaciones de un dispositivo de comunicación según un aspecto de la presente descripción.

30 En la Figura 7, el dispositivo de comunicación evalúa su localización actual en intervalos separados temporalmente (por ejemplo, cada T1 segundos). Una vez que hay al menos dos medidas de localización (es decir, correcciones de localización) es posible determinar si ha habido cualquier cambio en el estado de movilidad del dispositivo de comunicación. Cualquier corrección de localización dada se obtiene convenientemente con un nivel mínimo de precisión. La diferencia de tiempo entre la adquisición de las correcciones de localización se usa para determinar el grado de movilidad (en su caso) entre dos correcciones. Para asegurar que las correcciones estén suficientemente alejadas en el tiempo para que se detecte un movimiento significativo, cada corrección se asocia convenientemente con una marca de tiempo correspondiente (que se puede adquirir desde una macro celda conectada y/o dentro de la estructura de señalización de GPS). Cuando se usa más de un dispositivo de comunicación, se contempla que puedan operar de una manera sincronizada.

Una corrección de localización inicial se obtiene en el tiempo T0, operación S710. En un punto en el tiempo T1 segundos más tarde que T0 se obtiene una corrección de localización adicional, S712.

40 Las correcciones de localización T1 segundos separadas se comparan para determinar si ha habido un cambio en la localización detectada, operación S720.

En otras realizaciones, el algoritmo usado para determinar si ha ocurrido un cambio en una localización puede usar alternativa o adicionalmente parámetros distintos a la posición y el tiempo notificados, por ejemplo, la dirección de movimiento o la altitud.

45 En términos generales, se puede considerar que un agregador potencial se ha movido (es decir, cambiado de un estado "estático" a un estado "no estático") si su posición se desplaza en una distancia de D metros sobre un intervalo de tiempo $T_i - T_{(i-1)}$, donde D y T_i se pueden determinar, calcular, señalar o de otro modo obtener dependientes de parámetros (por ejemplo, el estado de movilidad actual).

50 Cuando la localización ha cambiado entre las correcciones, el estado de movilidad se establece a ser "no estático", operación S722. En aras de la claridad, el escenario ilustrado en la Figura 7 muestra la determinación en la operación S720 como binaria entre "estática" y "no estática", sobre la base de cualquier cambio detectado en la localización. El lector experto apreciará fácilmente que las determinaciones alternativas, que tienen más de dos casos o de hecho dos casos decididos de diferentes criterios, se pueden sustituir para la operación actual S720 sin requerir ninguna otra alteración en el diagrama de flujo. Por ejemplo, el cambio de localización entre correcciones se puede registrar como que indica un estado "no estático" cuando la localización ha cambiado en más de un umbral de cambio de posición mínimo de D1 metros desde la última corrección de localización.

55

5 Cuando está en el estado de movilidad no estática, se envían nuevas correcciones de localización al controlador, operación S724 y se toma una corrección de localización adicional después de un intervalo de T2 segundos/minutos, operación S726. Típicamente, la escala de tiempo T2 es mayor que T1, pero podría ser igual o menor que T1: el envío de actualizaciones usará los recursos de energía, cálculo y señalización, etc., así que esta tarea se realizaría con menos frecuencia cuando la información más reciente es que el dispositivo está en movilidad (y presumiblemente no esté actualmente en consideración como agregador candidato). El flujo de operación entonces vuelve a la operación S720, donde se determina de nuevo si ha habido un cambio en la localización detectada. De esta forma, la localización aún se comprueba en caso de que el estado de movilidad haya cambiado a “estático”. Si el dispositivo de comunicación ha llegado a ser estático, pero el último informe aún indica que su estado es “no estático”, el uso de un T2 mayor que T1 meramente dará como resultado un ligero retraso al considerarlo como candidato potencial para la activación.

10 Cuando la localización no ha cambiado entre las correcciones, se determina que el estado de movilidad puede ser “estático”, pero se requieren las correcciones adicionales para ser más certeros. En el caso ilustrado, se considera que un dispositivo de comunicación necesita haber sido estático durante un período más largo que el intervalo de T1 entre correcciones sucesivas en las operaciones S710 y S712 (durante la inicialización) o el intervalo de T2 en la operación S726 (en iteraciones posteriores).

15 Para evitar una situación de atribución “falsa” de estado “estático” a un dispositivo (que se puede incorporar después de todo en un vehículo) solo porque el dispositivo se ha detenido temporalmente (por ejemplo, un coche que se ha detenido en un semáforo, para recargar combustible o en tráfico intenso, o un coche que ha aparcado temporalmente), el dispositivo de comunicación obtiene una corrección de localización adicional en el tiempo $N \cdot T3$ segundos más tarde, donde N y/o T3 podrían ser dependientes del tipo de dispositivo de comunicación (por ejemplo, en un coche, residencial) o tipo de escenario de instalación (por ejemplo, en una terminal de autobuses, en un escenario que probablemente sea estático), operación S728. Por ejemplo, si es probable que el escenario sea estático, puede ser adecuado ajustar N o T3 igual a cero o cerca de cero, ya que se puede suponer que una indicación anterior de estado “estático” en la operación S720 es probable que sea correcta.

20 Las correcciones de localización $N \cdot T3$ segundos separadas se comparan para determinar si ha habido un cambio en la localización detectada, operación S730. Si al final del período $N \cdot T3$ la posición aún no ha cambiado, el estado de movilidad se ajusta a “estático”, operación S732. La corrección de localización (estática) actual se envía en un mensaje de informe al controlador, operación S734. Opcionalmente, el dispositivo de comunicación también puede indicar que está en el estado “estático” (o bien en el mismo mensaje de informe que la operación S734 o bien en un mensaje de informe de estado separado), operación S736. Esta opción se puede considerar conveniente en la medida que facilita la comprensión de por qué se notificó la corrección de localización. Alternativamente, el controlador puede inferir que debido a que ha recibido un mensaje de informe que tiene una corrección de localización desde el dispositivo de comunicación, puede concluir que el dispositivo de comunicación de informe está estático.

25 Cuando las correcciones de localización se derivan de la señalización de posición basada en GPS, la corrección de localización se puede enviar como información de localización de GPS (es decir, basada en el estándar WGS84) en lugar de solo la latitud y longitud. Convenientemente, el mensaje de informe puede incluir una indicación de que la información de localización está en un formato de posición de GPS. Alternativa o adicionalmente, el mensaje de informe puede incluir una indicación de que la información de GPS está disponible, independientemente de la fuente de la corrección de localización notificada.

30 Un mensaje de informe (o bien el mismo mensaje de informe que la operación S734 o bien en un mensaje de informe de información adicional separado) puede incluir opcionalmente información adicional, por ejemplo: detalles del agregador candidato: por ejemplo, modelo de dispositivo, información de versión de software, identificadores de hardware, etc. estado del dispositivo, tal como estado de la batería; y/o información de radio, tal como el ID de Celda asentada, Calidad de cobertura de radio, CQI del canal de radio usado para realizar tal comunicación, celdas vecinas para el módem del dispositivo de comunicación, etc.

35 El flujo entonces itera, mientras que el dispositivo de comunicación está en estado de movilidad “estático”. El dispositivo de comunicación obtiene una corrección de localización adicional después de un intervalo de T4 segundos, operación S740. T4 es típicamente un período de tiempo más corto que T2, dado que es deseable evitar que un dispositivo de comunicación se considere “estático” cuando de hecho es “no estático”: cualquier dispositivo de comunicación estático es un agregador candidato potencial, así que cualquier atribución falsa de estado “estático” puede tener un efecto perjudicial en la entrega de una capa de agregador eficaz. El flujo de operación en el estado de movilidad “estático” entonces vuelve a la operación S730, donde se comprueba una vez más si ha cambiado la localización detectada. Cualquier cambio en la localización da como resultado que el estado de movilidad se ajuste a no estático y que las correcciones de localización se tomen a intervalos de T2 (en lugar de T4).

40 En una disposición adicional de la presente descripción, más de una capa de agregación se activa dentro de la red. En ciertos casos, las capas de agregación respectivas se activan y desactivan en los sectores o grupos de sectores correspondientes de la red celular. En ciertos casos, las capas de agregación se establecen dentro de un sector o celda que extiende la cobertura de ese sector o celda para abarcar dispositivos de comunicación servidos por

sectores o celdas vecinos: de este modo, el beneficio a la red del despliegue de cualquier capa de agregación dada se puede calcular para una región de la cobertura de radio de la red celular que incluye más de un sector y/o celda.

Ciertas disposiciones de la presente descripción se refieren a la activación dinámica de uno o más dispositivos de comunicación para proporcionar una capa de agregación. Cada uno del uno o más dispositivos de comunicación aparece en la macro capa como un UE; mientras que para otros dispositivos de comunicación, aparece cada uno como una clase de estación transceptora base de celda pequeña. La activación dinámica es debida en parte a la determinación de si se podría esperar un beneficio de tal activación dual de UE/celda pequeña: eso podría surgir si la macro capa no proporciona un requisito previo de calidad de servicio a los otros dispositivos de comunicación. La activación dinámica también requiere una determinación sintonizada más fina dependiente de seleccionar un conjunto de dispositivos capaces de una funcionalidad dual de UE/celda pequeña o de UE/MiFi para la activación y determinar si la red se beneficiaría de la activación de ese grupo particular. Solamente cuando se determine que la red se beneficia sobre la base de esta determinación detallada, los dispositivos de comunicación seleccionados se activarán como UE/celdas pequeñas híbridos (o dispositivos UE/MiFi).

Del mismo modo, ciertas realizaciones de la presente descripción se refieren a la desactivación dinámica de una capa de agregación proporcionada por ciertos dispositivos de comunicación.

Considerando una vez más el ejemplo simplificado de una determinación binaria de si un dispositivo de comunicación está en estado "estático" o "no estático", está claro que una vez que un dispositivo agregador ha activado un modo de agregador (e irradia una celda pequeña, cobertura VLC o WiFi, por ejemplo) es deseable monitorizar la localización del dispositivo en caso de que haya un cambio en ese estado de movilidad y un método para tratar el cambio de estado de movilidad: el estado "no estático" que se supone incompatible con la funcionalidad de agregador eficaz.

Este escenario se ilustra en la Figura 8.

Una vez que el dispositivo de comunicación ha sido activado, el dispositivo de comunicación monitoriza su localización cada T5 segundos (obteniendo una corrección de localización inicial en la operación S810, si es necesario y correcciones de localización adicionales en la operación S812). T5 necesita ser un tiempo muy corto, en la medida que es crucial determinar tan pronto como sea posible si el dispositivo de comunicación es aún "estático", dado que los rendimientos de la red se pueden ver afectados. Obsérvese que ésta puede ser la misma monitorización iterativa del estado de movilidad que en la operación S740 de la Figura 7 o una iteración distinta en un intervalo de tiempo diferente específico para monitorizar la operación de los dispositivos agregadores activos.

Se comparan las correcciones de localización obtenidas en las operaciones S810 y S812, operación S820, y si la localización cambia (en un grado predeterminado de precisión, etc.), el dispositivo de comunicación prohibirá inmediatamente la celda (de modo que los UE en inactivos no se conectarán), operación S830 y enviará comandos de traspaso a todos los dispositivos de comunicación conectados a la celda de agregador y a la macro celda. El procedimiento de traspaso de la celda de agregador a la macro celda entonces se pueden manejar según cualquier procedimiento de traspaso estandarizado convencional.

El dispositivo de comunicación envía el comando de traspaso porque opera eficazmente como una estación base para la celda de agregador cuando se activa.

La prohibición de celda es importante con el fin de evitar que dispositivos de comunicación cercanos en modo inactivo intenten conectarse a la celda irradiada por el dispositivo de comunicación, mientras esa celda aún está siendo irradiada, para soportar la operación de traspaso, por ejemplo.

Convenientemente, el dispositivo agregador de desactivación envía al controlador un mensaje que incluye una indicación de que se ha liberado el estado de agregador dando la causa como "movilidad". Además, el dispositivo agregador de desactivación entonces puede actualizar su estado de movilidad a "no estático".

El dispositivo de comunicación puede monitorizar adicionalmente la duración de su batería cada T6 segundos. Como se ha señalado anteriormente, un nivel de batería baja puede impedir que el dispositivo de comunicación sea considerado candidato para la activación. Si la duración de la batería restante esperada es inferior a T7 segundos/minuto, el dispositivo de comunicación activo puede desactivar de manera convenientemente gradual el modo de agregador realizando operaciones similares a las operaciones S832 y S834. En este caso, no obstante, los comandos de traspaso se ejecutarán, y confirmarán completados, uno a la vez, antes de enviar comandos de traspaso adicionales.

Como será evidente a partir de la discusión anterior, se supone que las interacciones entre el controlador y el dispositivo de comunicación se rigen por un protocolo de comunicación compartido.

Usando este protocolo, el controlador puede enviar solicitudes de información a uno o más dispositivos de comunicación (agregadores), especificando cualquier información adicional que desee recibir.

El dispositivo de comunicación usa del mismo modo el protocolo compartido para responder a tales solicitudes de información, proporcionando la información solicitada, que puede consistir, por ejemplo, en la siguiente:

- Estado de Movilidad
- 5 • Detalles específicos del dispositivo de comunicación: por ejemplo, modelo de dispositivo, versión de software, identificadores de hardware, etc.
- Estado del Dispositivo: estado de la batería
- Información de radio: ID de Celda de Servicio, Calidad de cobertura de radio (por ejemplo, RSRP de Celda de Servicio, RSRQ de Celda de Servicio, etc.); CQI del canal de radio usado para realizar tal comunicación, Celdas vecinas para el módem del UE
- 10 • Mediciones de radio ejecutadas en celdas vecinas, celdas detectadas en otras frecuencias de LTE que no son parte de la lista de vecinos, identificadores de punto de acceso Wi-Fi (es decir, SSID) e intensidad detectada en el receptor de Wi-Fi

Convenientemente, el dispositivo de comunicación puede mantener abierta una conexión de protocolo enviando bits ficticios durante los siguientes Z segundos, de otro modo detiene el envío de bits ficticios.

15 Usando este protocolo, el controlador también puede enviar comandos que dan instrucciones al dispositivo de comunicación para entrar en estado de agregador (es decir, o bien como una celda pequeña y/o bien como un punto de acceso Wi-Fi). El protocolo de comunicación para tal comando incluye un comando de configuración (enviado al dispositivo de comunicación) que proporciona la siguiente información: la portadora de LTE a ser usada para la transmisión y los parámetros principales; transmisión, TX, potencia a ser usada: (por defecto es "Potencia de TX MAX); opcionalmente, un parámetro para configurar una segunda portadora; opcionalmente, un parámetro para configurar un punto de acceso Wi-Fi; hora del día en que la celda comenzará a irradiar; parámetros necesarios para gestionar el estado de los algoritmos locales dentro del dispositivo de comunicación mientras que está en el estado de agregador.

20 Una vez que se recibe el comando para entrar en el modo de agregador, el dispositivo de comunicación usa el protocolo de comunicación compartido para obtener, a partir de una base de datos de controlador o una base de datos dentro del servidor OSS, los parámetros necesarios para configurar la celda de agregador: por ejemplo, direcciones IP (si no se derivan con una regla fija de la dirección IP de R-UE). Alternativamente, el dispositivo de comunicación puede usar los parámetros usados la última vez que actuó como agregador, a condición de que aún se cumplan algunos criterios: por ejemplo que la localización aún sea la misma que la última vez; que, si bien la localización ha cambiado, la RAU aún sea la misma la misma; que, si bien la localización ha cambiado, el R-U se asentó en la misma celda que la última vez.

25 Una vez que el dispositivo de comunicación tiene la información necesaria para configurar la celda de agregador, prepara que su módulo transceptor (565, Figura 5) esté listo para irradiar. El dispositivo de comunicación entonces comienza a irradiar a la Hora del Día solicitada. El dispositivo de comunicación confirma entonces al controlador que está irradiando (es decir, que el modo de agregador está activo).

30 Mientras que el dispositivo de comunicación está en estado de agregador, el protocolo de comunicación también se puede usar por el controlador para solicitar la provisión de información adicional, tal como: Estado de la batería; Número de dispositivos de comunicación conectados; ocupación de Bloques de Recursos Promedio; CQI promedio de los UE conectados; y CQI promedio del módem conectado.

35 En una arquitectura de red de telecomunicaciones típica que incluye una red de acceso por radio (RAN), una red central (CN) y una red de paquetes de datos (PDN), dispositivos de comunicación, tales como terminales móviles, equipos de usuario (UE) y estaciones de acceso inalámbrico, establecen conexiones inalámbricas con la red por medio de la RAN. En los estándares de LTE, se hace referencia a la red central como el Núcleo de Paquetes Evolucionado (EPC) y los datos transferidos sobre esta conexión inalámbrica se transportan por una conexión virtual entre el UE y la PDN, conocida como "portador de EPS" (donde EPS representa Sistema de Paquetes Evolucionado).

40 Dentro de los dispositivos de comunicación que ofrecen facilidades de agregador como celdas pequeñas de LTE, la unidad de interfaz de red 560 configura una conexión al EPC usando un portador de EPS como capa de transporte. Las unidades de interfaz de red 560 de estos dispositivos de comunicación se conectan, de este modo, a la macro capa de una manera convencional, apareciendo en la macro capa como si perteneciesen a un UE convencional. Por comodidad, tales celdas pequeñas de LTE se añaden a la misma Área de Encaminamiento (RA) que la macro celda que proporciona cobertura a la celda pequeña.

45 Opcionalmente, a tales dispositivos se les puede asignar un perfil de seguridad diferente, de modo que la conexión "convencional" al EPC se pueda adaptar para manejar una conectividad alternativa a una Pasarela de Seguridad (GW de Seg) dentro del EPC. Entonces se podría permitir que la Celda Pequeña se conecte al EPC sin establecer

su propio IPsec (dado que el tráfico de Celda Pequeña pasa a través de un módem de LTE (es decir, una interfaz de macro capa de la unidad de interfaz de red 560) que se conecta a una macro celda, y dado que esa macro celda está conectada a su vez a la GW de Seg).

5 Convenientemente, esta conexión “convencional” también permite que los servicios de voz y SMS se entreguen usando una red de conmutación de circuitos heredada tal como GSM. El llamado Retroceso de Circuitos Conmutados (CSFB) dentro de LTE puede ser necesario para soportar llamadas de circuitos conmutados en algunas redes.

10 Para implementar la conexión 1) entre el dispositivo de comunicación en modo de agregador y el EPC, y 2) entre el dispositivo agregador y los dispositivos de comunicación cercanos, la unidad de interfaz de red 560 incluye dos interfaces de red separadas: una interfaz de extensión de cobertura dispuesta a proporcionar los servicios de una celda pequeña (o Pico) normal y una interfaz de “enlace de retroceso”, que sirve para proporcionar conectividad “convencional” al EPC. Las interfaces de red se emparejan cuando el dispositivo de comunicación está en modo de agregador. En la siguiente discusión se hace referencia a la interfaz de “enlace de retroceso” como “R-UE” en reconocimiento de su apariencia similar a un UE para la macro capa.

15 La Figura 9 ilustra esquemáticamente cómo un eNodoB en la macro capa proporciona cobertura de LTE (típicamente FDD) a un conjunto de UE 910, entre ellos un dispositivo agregador 904 que tiene una interfaz R-UE 912. Ciertos UE 910' se muestran asentados en el área de cobertura proporcionada por el dispositivo agregador 904 a través de su facilidad de celda pequeña 914.

20 Un portador de EPS 960 se establece por el R-UE 912 a través de la macro capa (es decir, el eNodoB 920) y al EPC 970. El portador de EPS 960 transfiere datos desde el dispositivo agregador 904 a través de una pasarela de seguridad (GW de Seg) a una pasarela 950 adicional (que puede ser una pasarela de servicio S-GW o una pasarela de PDN P-GW que proporciona una interfaz a la PDN). El nodo de control en el EPC es la Entidad de Gestión de Movilidad (MME) 940: este nodo sirve para controlar el comportamiento de las entidades en el EPC y termina ciertas comunicaciones desde la celda pequeña después de que se hayan emitido desde el portador de EPS 960.

25 La salida “normal” de la S/P - GW 950 se transporta sobre una interfaz Gi 952. Cuando la salida del portador de EPS (R-Gi) incluye datos de interfaz S1-U (es decir, datos del plano de usuario) para la celda pequeña, 954, estos se terminan en la S/P - GW 950. Cuando la salida del portador de EPS (R-Gi) incluye datos de interfaz S1-C (es decir, datos del plano de control) para la celda pequeña, 956, estos se terminan en la MME 940. En esta memoria descriptiva, S1-C se usa como sinónimo de lo que se denomina en los estándares del 3GPP como S1-MME. Los datos de la interfaz S1-C (es decir, datos del plano de control) para la macro celda, 922, también se terminan en la MME 940; mientras que los datos de la interfaz S1-U (es decir, datos del plano de usuario) para la macro celda, 924, también se terminan en la S/P - GW 950.

35 En una variación de la disposición de la Figura 9, las funciones para operaciones de macro celda y de celda pequeña se dividen lógicamente como si estuvieran siendo manejadas por diferentes EPC. La Figura 10 ilustra esta división lógica.

Como para a la Figura 9, la Figura 10 ilustra un eNodoB 1020 que representa la cobertura de LTE de macro capa proporcionada a un conjunto de UE 1010, entre ellos un dispositivo agregador 1004 que tiene una interfaz R-UE 1012. Ciertos UE 1010' se muestran acampando en el área de cobertura proporcionada por el dispositivo agregador 1004 a través de su facilidad de celda pequeña 1014.

40 Un portador de EPS 1060 se establece por el R-UE 1012 a través de la macro capa (es decir, eNodoB 1020) y al EPC 1070. El portador de EPS 1060 transfiere datos desde el dispositivo agregador 1004 a través de una pasarela de seguridad (GW de Seg) a una primera pasarela lógica 1050 (que puede ser una pasarela de servicio S-GW o una pasarela de PDN P-GW que proporciona una interfaz a la PDN). Un primer nodo de control lógico 1040 sirve para controlar el comportamiento de las entidades en el EPC 1070 y termina ciertas comunicaciones desde la macro capa. Un segundo nodo de control lógico 1042 termina ciertas comunicaciones desde la celda pequeña después de que hayan sido emitidas desde el portador de EPS 1060.

45 La salida “normal” de la S/P - GW 1050 se transporta sobre una interfaz Gi a la PDN. Cuando la salida del portador de EPS (R-Gi) incluye datos de la interfaz S1-U (es decir, datos del plano de usuario) para la celda pequeña, 1054, estos se terminan en una segunda pasarela lógica, S/P - GW 1050'. Cuando la salida del portador de EPS (R-Gi) incluye datos de la interfaz S1-C (es decir, datos del plano de control) para la celda pequeña, 1056, estos se terminan en la segunda MME lógica 1042. Los datos de la interfaz S1-C (es decir, datos del plano de control) para la macro celda, 1022, se terminan en la primera MME lógica 1040; mientras que los datos de la interfaz S1-U (es decir, datos del plano de usuario) para la macro celda, 1024, se terminan en la primera pasarela lógica S/P - GW 1050.

55 Las Figuras 11A, 11B y 11C ilustran ejemplos adicionales de redes de acceso por radio donde ciertos dispositivos de comunicación se controlan para generar una señal de baliza para su uso en la obtención de información de otros dispositivos de comunicaciones (por ejemplo, entonces con el fin de generar un mapa de cobertura como se describe en el ejemplo a continuación), que a su vez se usa para seleccionar qué dispositivos de comunicación han de ser activados como agregadores.

- 5 La Figura 11A ilustra un escenario en el que ciertos segundos dispositivos de comunicación 1102 no están actuando actualmente como agregadores. En particular, los segundos dispositivos comunicación 1102, 1102', 1102" y los primeros dispositivos de comunicación 1101, 1101', 1101" se muestran en una red de telecomunicaciones que comprende una entidad controladora 1103; en la Figura 11A, la entidad controladora 1103 está en comunicación con un eNodoB 1110 que proporciona una celda de macro capa 1120.
- 10 La entidad controladora 1103 está configurada para activar los segundos dispositivos de comunicación 1102 para difundir las señales de baliza 1105. Las bandas de RF en las que se difunden las señales de baliza pueden estar cercanas, por ejemplo, a 2.6 GHz o bien como FDD LTE2600 o bien como TDD LTE2600. La potencia de transmisión se puede ajustar por la entidad controladora 1103 o, si no es posible, los segundos dispositivos de comunicación 1102 pueden comunicar, a la entidad controladora 1103, la potencia de transmisión que está siendo usada a través de Wi-Fi o Bluetooth.
- 15 Los primeros dispositivos de comunicación 1101 reciben el comando para escanear y escuchar las bandas de WiFi o Bluetooth, y para notificar 1106 a la entidad controladora 1103 la potencia de la señal de difusión recibida desde cualquier segundo dispositivo de comunicación 1102 o agregador potencial.
- 20 La entidad controladora 1103 es capaz de construir un mapa exhaustivo de pérdidas de trayecto entre los primeros dispositivos de comunicación 1101 (activos o inactivos) y los segundos dispositivos de comunicación 1102 (es decir, agregadores potenciales), y usar esta información para seleccionar los agregadores a ser añadidos según cualquier método adecuado.
- 25 En un ejemplo, los agregadores potenciales activan o desactivan periódicamente una aplicación para difundir una señal de baliza en estado prohibido en las bandas correspondientes (en TDD o FDD, a 2.6GHz, digamos); se solicitan los primeros dispositivos de comunicación 1101 que son candidatos para la agregación, por la red de telecomunicaciones, para medir estas bandas mientras que están en modo conectado y para notificar las Celdas descubiertas y, si es posible, el nivel de la señal al eNodoB 1110.
- 30 Conocer la potencia transmitida así como el nivel de potencia recibida por los dispositivos de comunicación permite definir una pérdida de trayecto entre cada agregador potencial 1102 y cada primer dispositivo de comunicación 1101; por ejemplo, si la señal recibida es baja, puede significar que hay demasiada distancia entre un agregador potencial específico 1102 y un primer dispositivo de comunicación 1101, y como consecuencia, la pérdida de trayecto es alta.
- 35 Una parte pequeña del espectro FDD o TDD de las redes se puede dedicar a la actividad de enviar la señal de baliza temporal 1105. Ventajosamente, esto reduce la interferencia potencial hacia un agregador, una vez en servicio, debido a los agregadores potenciales 1102 durante la construcción del mapa de pérdidas de trayecto.
- 40 Puede haber alternativas para que los primeros dispositivos de comunicación 1101 notifiquen 1106 las mediciones a la entidad controladora 1103. Se puede dar instrucciones a todos los primeros dispositivos de comunicación 1101 para que notifiquen a la CN y a los segundos dispositivos de comunicación 1102 o agregadores 1102', 1102" usando mecanismos del 3GPP para notificar las celdas TDD o FDD observadas usadas por la capa de agregador (es decir, la red de terminales que actúa como Celda Pequeña/Puntos de Acceso que se encienden dinámicamente dependiendo de la disponibilidad, la duración de la batería, la localización, los beneficios esperados, etc.) y las portadoras detectadas en un área, y entonces enviar toda esta información a la entidad controladora 1103.
- 45 En otra alternativa, a algunos de o a todos los dispositivos de comunicación 1101, 1102 se les puede dotar con una aplicación que: o bien se conecta con un conjunto de chips que ordenan notificar las celdas de TDD/FDD 1120 usadas por la capa de agregador, o bien abre el receptor de Wi-Fi; observa las aplicaciones detectadas en el área; y notifica las mediciones a la entidad controladora 1103.
- 50 Los dispositivos de comunicación 1101 situados alrededor de un agregador 1102 pueden ser los instruidos para notificar a la entidad controladora 1103. En una realización alternativa solamente se puede dar instrucciones a los dispositivos de comunicación 1101 dentro de un área específica para notificar a la entidad controladora 1103.
- 55 Los primeros dispositivos de comunicación 1101 que son candidatos para la agregación necesitan medir la calidad de la cobertura que podrían obtener de un agregador 1102 antes de que el agregador haya entrado en servicio.
- La información que se notifica 1106 de vuelta a la entidad controladora 1103 puede incluir información concerniente a la potencia recibida. La calidad de la señal recibida también se puede notificar. Además, esta información se puede notificar usando un mecanismo del 3GPP, por ejemplo, la especificación LTE soporta inherentemente una función de red auto-organización (SON) en la cual características como la Relación de Vecinos Automática (ANR) usan el informe de medición normal que incluye celdas que no son parte de una lista de vecinos.
- Alternativamente, Wi-Fi se puede usar como baliza. Se puede iniciar a través de una aplicación dedicada para la cual se puede implementar un diseño para un método de informe, por ejemplo, notificar periódicamente en un área en la que se espera que tenga una capa de agregador.

5 El mapa de cobertura (es decir, pérdidas de trayecto) se puede crear de la siguiente manera: la entidad controladora 1103 puede conocer la potencia de transmisión TX de los segundos dispositivos de comunicación 1102 en la banda portadora que usan como baliza; esta portadora puede ser la portadora de TDD o FDD usada en la capa de agregador, las portadoras de Wi-Fi usadas como baliza o una segunda portadora usada con propósitos de baliza. La entidad controladora 1103 entonces calcula la pérdida de trayecto = potencia de TX – potencia de RX.

10 En el escenario ilustrado en la Figura 2B, ciertos segundos dispositivos de comunicación 204 están actuando actualmente como agregadores. La entidad controladora aquí es un controlador de agregador, AC, 202 y la red de acceso por radio incluye dos celdas de capa de agregador 250. El AC 202 puede enviar una instrucción a los segundos dispositivos de comunicación (es decir, a los UE habilitados con agregador 204) para difundir señales de baliza en una o más bandas de radiofrecuencia RF más específicas, de modo que los primeros dispositivos de comunicación (es decir, los “UE normales” 210) hagan mediciones de tal forma que la configuración actual se pueda cambiar, debido a ciertas condiciones notificadas a la entidad controladora 202 desde el eNodoB respectivo (que proporciona una macro celda 200, 280).

15 Como se ilustra en la Figura 2B, entonces, pueden estar disponibles una serie de agregadores 204 en asociación con una macro celda 200 específica para proporcionar un área de cobertura para ofrecer servicio a un número de primeros dispositivos de comunicación 210 que se conectan actualmente a través de la red a través de la macro celda 200.

20 Las Figuras 11B y 11C muestran una red de telecomunicaciones, en instantes de tiempo respectivos, en los que una entidad controladora 1103 activa ciertos segundos dispositivos de comunicación (1111 y 1113, en la Figura 11B; 1116 y 1118, en la Figura 11C, digamos) para difundir señales de baliza (1105) a una o más bandas de radiofrecuencia RF específicas, en donde las señales de baliza (1105) habilitan a uno o más primeros dispositivos de comunicación (1112, 1113, 1114, 1116; 1118, 1119; digamos) para hacer mediciones.

25 La entidad controladora 1103 recibe mediciones del uno o más primeros dispositivos de comunicación, dichas mediciones basadas en las señales de baliza (1105) recibidas en dicho uno o más primeros dispositivos de comunicación y, usando las mediciones, genera un mapa de cobertura que es indicativo de la cobertura que los segundos dispositivos de comunicación pueden proporcionar para los primeros dispositivos de comunicación.

La Figura 12 es un diagrama esquemático de elementos seleccionados de un sistema LTE, que muestra componentes e interfaces usados en la prestación de servicios de comunicación.

30 Los servicios se proporcionan a un UE 120 usando un portador de EPS 121 entre el UE 120 y la red central. El portador de EPS 121 se proporciona a través de una serie de interfaces y componentes, y se transporta usando una gama de protocolos. La interfaz de radio UE/eNodoB se conoce como la interfaz Uu, sobre la cual se transportan datos usando el PDCP y protocolos de capa inferior. En la Figura 12, esta interfaz se etiqueta “Macro Uu” para aclarar que es una interfaz de radio de la Macro RAN de LTE.

35 Los datos de usuario se transportan sobre el portador de EPS 121 entre RAN y la CN mediante el protocolo GTP-U. En las capas inferiores de las pilas de comunicación, los datos se pueden cifrar sobre ciertas interfaces. La interfaz S1-U entre un eNB y una Pasarela de Servicio (S-GW) se puede dividir en una interfaz S1-U cifrada entre el eNB y una Pasarela de Seguridad (Sec. GW), y una interfaz S1-U sin cifrar entre la GW de Seg y la S-GW. El protocolo IPsec se utiliza comúnmente para la interfaz S1-U cifrada, pero en principio se puede utilizar cualquier mecanismo de seguridad apropiado.

40 La interfaz S1-AP conecta el eNB y la MME para el transporte de señales del plano de control. Esta interfaz también se puede cifrar, y puede utilizar el protocolo IPsec.

45 Como se ha expuesto anteriormente, el UE 120 puede actuar como agregador para proporcionar cobertura celular a otros UE. En esta configuración, el portador de EPS de los UE se utiliza para el enlace de retroceso de datos de los otros UE. Cuando se actúa como agregador, un UE 120 está realizando esencialmente la función de un eNodoB de la RAN de LTE. La parte de eNodoB del UE debe conectarse, de este modo, a la S/P-GW y a la MME a través de las interfaces S1-U y S1-AP respectivamente. Estas conexiones transportan los datos de usuario de los UE conectados al agregador, y controlan la señalización para gestionar el eNodoB en la red. No obstante, si esas conexiones se transportan sobre el portador de EPS 121, los datos de S1 llegarán en la Interfaz SGi a la terminación de ese portador de EPS 121, pero pueden ser incapaces de alcanzar la Sec. GW en la medida que la pasarela no sea típicamente accesible desde el SGi o el APN de internet proporcionado por esa interfaz.

50 La Figura 13 muestra un diagrama esquemático de las interfaces y componentes seleccionados utilizados para habilitar a un UE para actuar como retransmisor en una red LTE.

55 La funcionalidad del UE 130 comprende un UE agregador 131 y un eNodoB agregador 132. El UE agregador 131 se conecta a la RAN de LTE de la forma convencional y se puede utilizar como UE convencional. El UE agregador 131 y el eNodoB agregador 132 se pueden proporcionar por hardware común dentro del UE 130, o por hardware distinto, pero conectado. La funcionalidad se puede proporcionar por hardware o software según sea apropiado. El UE 130 puede ser un agregador dedicado y puede no proporcionar su propia funcionalidad de UE.

El eNodoB agregador 132 actúa como un eNodoB para proporcionar una interfaz Uu de UE a la que otros UE 133 pueden conectarse. El eNodoB agregador 132 utiliza un portador 134 (Portador de EPS de UE agregador) establecido por el UE agregador 131 para el enlace de retroceso de los datos de control del eNodoB agregador 132, y los datos de usuario de los UE 133 conectados al eNodoB agregador 132.

- 5 Sujeto a la descripción a continuación, el Portador de EPS de UE agregador 134 se establece de manera convencional. Este Portador de EPS de UE agregador 134 termina en la P-GW apropiada.

También se establece un Portador de EPS de eNodoB agregador 135, que se termina en el eNodoB agregador 132 y la P-GW, pero después de pasar a través de una GW de Seg dos veces (como se explica con más detalle a continuación). El Portador de EPS de eNodoB agregador 135 proporciona de este modo un enlace lógico S1 136 desde el eNodoB agregador 132 a la Red Central (Pasarela de S/P), y un enlace lógico S1-AP 137 desde el UE 133 a la MME. Estos enlaces lógicos S1 136, 137 se pueden utilizar de la forma convencional para datos de usuario y señalización de control desde el eNodoB agregador 132. El eNodoB agregador 132 aparece de este modo como eNodoB convencional a la red central LTE.

10 La P-GW se dota con dos APN en la interfaz SGi, un APN de Internet que proporciona acceso a internet pública y un APN de agregador que proporciona acceso a la GW de Seg. El APN de agregador transporta el Portador de EPS de eNodoB agregador 135 de manera que pueda atravesar la GW de Seg y luego la S/P-GW después del primer paso a través de esas entidades donde se transportó por el Portador de EPS de UE agregador 134.

El UE agregador 131 puede alcanzar la MME usando un enlace convencional S1-AP 138 de la GW de Seg.

20 El uso de la capa y el sistema de direccionamiento descrito a continuación permite que el eNodoB agregador interactúe con la red central y para que los datos de usuario de los UE conectados al eNodoB agregador se transporten de manera segura, sin requerir modificación de la RAN o la red central.

La Figura 14 es un diagrama esquemático que muestra las interfaces y las estructuras de capa utilizadas para proporcionar los portadores descritos en relación con la Figura 13. La Figura 15 muestra los pasos del método aplicado junto con la disposición de la Figura 14.

25 El agregador 1400 es un UE de LTE configurado para operar como agregador. En la operación S1500, el agregador 1400 establece una conexión con el Macro eNodoB 1401 a través de la Macro interfaz Uu, y en la operación S1501 acepta conexiones de los UE 1402 a través de la interfaz Uu del UE. El dispositivo 1400 comprende una función de eNodoB agregador 1403 y una función de UE agregador 1404.

30 En la operación S1502, el Macro eNodoB 1401 establece un enlace S1-U cifrado a través de la interfaz S1 a una Pasarela de Seguridad 1405. Se hace referencia a esta pasarela como la Macro Pasarela de Seguridad, ya que atiende la seguridad del Macro eNodoB 1401, a diferencia de otros elementos del sistema. Este título no indica ninguna función especial, se usa estrictamente con propósitos descriptivos.

35 Se establece un enlace adicional a una GW de S/P 1406 en la operación S1503, a la que se hace referencia como Macro GW de S/P por razones comparables a Macro GW de Seg. Estos enlaces se usan para proporcionar el Portador de EPS de UE agregador 134 para la parte de UE agregador 1404 del agregador 1400, que termina (S1504) en la interfaz SGi 1407 para proporcionar acceso a internet.

40 Como será evidente para los expertos, la terminología “establece un enlace” no significa necesariamente que se establezca una conexión de circuitos conmutados, sino más bien que existe un medio para encaminar datos entre las dos entidades que se dice que están enlazadas. Además, la secuencia de descripción en la presente memoria no necesariamente indica la secuencia en la que se realizan realmente los pasos.

El tráfico transportado en el Portador de EPS de UE agregador 134 comprende datos de usuario de la parte de UE 1404 del retransmisor 1400, y también el tráfico S1 de la parte de eNodoB 1403 del agregador 1400.

45 Se establece un enlace cifrado adicional en la operación S1505 desde la Macro GW de S/P 1406 a la GW de Seg de agregador 1408. También se establecen enlaces a la Pasarela de S/P de agregador 1409 y luego a un APN 1411 de internet a través de la interfaz SGi. Estos enlaces y el Portador de eNodoB agregador tratado anteriormente se combinan para proporcionar el portador de EPS de eNodoB agregador 135 para transportar tráfico de usuario desde los UE 1402 conectados al agregador 1400 al APN de internet.

50 La Macro Pasarela de Seguridad 1405 puede ser el mismo equipo físico que la Pasarela de Seguridad de agregador 1408. De de manera similar, la Macro Pasarela de S/P 1406 puede ser el mismo equipo físico que la Pasarela de S/P de agregador 1409. Mecanismos para encaminar datos a través de los diversos equipos e interfaces para proporcionar los portadores requeridos se describen a continuación con referencia a las Figuras 14 y 16. Por claridad, la siguiente descripción se da usando transmisión de datos en una única dirección desde el UE al APN de internet. La transmisión en la dirección opuesta (es decir, la recepción por el UE 1402) opera bajo los mismos principios, pero con las direcciones de origen y destino invertidas, como se entenderá por los expertos en la técnica.

- 5 En la operación S1600 el UE 1402 se conecta al eNodoB agregador 1403 de la manera convencional a través de la interfaz Uu del UE. En un ejemplo, las capas HTTP, TCP/UDP e IP en el UE se comunican con las capas correspondientes en el APN 1411, usando la dirección IP1 como la dirección de origen e IP10 como la dirección de destino. La comunicación con el eNodoB agregador a través de la interfaz Uu del UE utiliza las capas convencionales de PDCP, RLS, MAC y L1 que entregan los paquetes IP al punto 1412 (Operación S1601).
- 10 Los paquetes IP se encapsulan desde el punto 1412 en el protocolo GTP-U y se transportan a la GW de S/P de agregador 1409 usando IP2 como la dirección de origen e IP9 como la dirección de destino, como se muestra en 1413. Este es un enlace convencional del eNodoB a la GW de S/P, pero se establece específicamente entre el eNodoB y la GW de S/P de agregador. Como se ha explicado anteriormente, la GW de S/P de agregador puede ser el mismo equipo físico que la Macro GW de S/P 1406, pero es lógicamente distinto y tiene una dirección diferente (IP9) a la dirección de la macro GW de S/P (IP7).
- 15 Los paquetes IP2 → IP9 en 1413 están cifrados por la función IPSec 1414 del agregador 1400. Los paquetes cifrados se transportan en la operación 1415/S16504 a la GW de Seguridad de agregador 1408 usando la dirección IP3 de la función IPSec 1414 como dirección de origen, y la dirección IP8 de la GW de Seguridad de Retransmisión 1408 como la de destino.
- 20 Los paquetes IP3 → IP8 1415 se transportan a través de la Macro interfaz Uu usando los protocolos convencionales PDCP, RLC, MAC y L1 al Macro eNodoB 1401.
- El eNodoB agregador 1403 utiliza el UE de Retransmisión 1404 como recurso transparente para la transferencia de sus datos. Es decir, el UE agregador 1404 está actuando como Equipo de Comunicación de Datos para el eNodoB agregador 1403. Esto evita la necesidad de definir subredes IP dentro del agregador 1414 o de realizar encaminamiento o traducción de direcciones en ese dispositivo.
- 25 El túnel IPSec (IP3 → IP8) proporciona un medio para que la red central celular direcciona directamente el eNodoB agregador 1403 mediante su dirección IP3, haciendo, de este modo, las comunicaciones más directas y elimina la necesidad de traducción de direcciones y técnicas tales como “encaminamiento detrás de la MS” con el fin de direccionar el eNodoB agregador 1403.
- 30 El macro eNodoB 1401 transporta los paquetes IP3 → IP8 a la GW de Seg de agregador 1408 de la manera convencional, con la advertencia de que esos paquetes pasan a través de otra GW de Seguridad y GW de S/P. En la operación S1605, el Macro eNodoB 1401 encapsula los paquetes IP3 → IP8 en el protocolo GTP-U, que se direccionan para el transporte desde IP4 (dirección de Macro eNodoB) a IP7 (Macro GW de S/P). Esos paquetes de IP4 → IP7 se cifran por la función de IPSec 1416 y se direccionan para el transporte desde IP5 (dirección de IPSec de Macro eNodoB 1416) a IP6 (dirección de Macro GW de Seg 1405).
- 35 En la Macro GW de Seg 1405 el eNodoB de IPSec se termina para recuperar los paquetes IP IP4 → IP7 de la manera convencional. Los paquetes recuperados se transmiten a la Macro GW de S/P 1406 de la manera convencional, donde los paquetes IP3 → IP8 se encaminan (operación S1606) al APN de agregador 1407 y, por lo tanto, a la GW de Seg de agregador 1408 (que, como se ha tratado anteriormente, puede ser el mismo equipo físico que la Macro GW de Seg 1405). Como se ha explicado anteriormente, el APN de agregador 1407 es distinto del APN de internet 1411. El APN de agregador 1407 puede acceder a la GW de Seg de agregador 1408.
- 40 En la GW de Seg de agregador 1408, la capa de función IPSec de Retransmisión 1414 se termina (paquetes IP3 → IP8) para recuperar los paquetes IP2 → IP9 (Operación S1607).
- Los paquetes IP2 → IP9 recuperados se pasan a la GW de S/P de agregador 1409 (que puede ser el mismo equipo físico que la Macro GW de S/P). La GW de S/P de agregador 1409 opera de la manera convencional para terminar la capa GTP-U de agregador, y transporta (Operación S1608) los paquetes IP1 → IP10 recuperados a la interfaz SGi y, por lo tanto, al APN, desde donde se pueden encaminar en la GiLAN a internet.
- 45 Se pueden utilizar los mismos principios para encaminar el tráfico S1-AP desde el UE 1402 y el UE agregador 1404 a la MME. La señalización S1-AP para el UE agregador 1404 se puede encaminar a la MME desde la Macro GW de Seg 1405 después del descifrado, y la señalización S1-AP para el UE 1402 se puede encaminar a la MME desde la GW de Seg de agregador 1408 después del descifrado.
- 50 La disposición descrita anteriormente permite, por ello, el enlace de retroceso de datos de un UE conectado a un dispositivo de retransmisión de una manera segura y sin requerir la modificación de la RAN o la red central, aparte de la configuración correcta de los APN.
- Tanto el tráfico S1 como el S1-AP para un eNodoB agregador se asegura usando el protocolo IPSec, que es el estándar aceptado para seguridad en varias interfaces LTE (véanse, por ejemplo, los documentos TS 33210, TS 33310 y TS 33401).
- 55 Como se ha explicado anteriormente para facilitar el encaminamiento de tráfico S1 desde la Macro GW de S/P 1406 a la GW de Seg de agregador 1408, se utiliza un APN de agregador específico que proporciona acceso a una LAN

SGi separada con acceso a la GW de Seg de agregador 1408. Esto se puede implementar asociando un espacio de direcciones IP específico al APN de agregador a partir del cual el UE agregador 1404 obtiene su dirección (IP3). Esta dirección se puede asignar dinámicamente, permitiendo por ello que el UE agregador se desconecte y vuelva a conectar a la RAN. La dirección del eNodoB agregador (IP2) también se debería asignar dinámicamente. Un ejemplo para implementar esto sería un servidor de direcciones DHCP asociado con la GW de Seg de agregador 1408.

Durante el tránsito a través de los paquetes de la Macro GW de Seg 1405 y la Macro GW de S/P 1406 se aumentan los tamaños de los paquetes, en la medida que hay una capa adicional de cifrado desde las capas IPSec de agregador. Esto puede aumentar el tamaño de los paquetes en al menos 116 bytes para esta región de la red, que se debe acomodar mediante una configuración de la Unidad de Transmisión Máxima (MTU) apropiada de estos componentes.

Se puede realizar un proceso de descubrimiento de MTU de Trayecto (PMTU) entre la función IPSec de agregador 1414 y la GW de Seg de agregador 1408 para descubrir el tamaño máximo de la unidad de transmisión soportada. Esta información se puede usar para definir la MSS para los UE que se conectan al eNodoB agregador. Alternativamente, se pueden realizar segmentación y reensamblado de paquetes en la Función IPSec 1414 y en la GW de Seg de agregador 1408 para reducir los tamaños de los paquetes según se requiera. Estos planteamientos evitan el requisito de que una red central tenga parámetros particulares, reduciendo por ello la necesidad de que configuraciones específicas sean aplicadas lo que pueden limitar la libertad de utilizar el sistema. Esta fragmentación se realiza fuera de los túneles IPSec, lo cual es menos intensivo en procesamiento que fragmentar los paquetes cifrados.

Se apreciará que, aunque varios aspectos y realizaciones de la presente invención se han descrito hasta ahora, el alcance de la presente invención no se limita a las disposiciones particulares expuestas en la presente memoria y en su lugar se extiende para abarcar todas las disposiciones, y modificaciones y alteraciones a la misma, que caen dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

Por ejemplo, mientras que las realizaciones descritas en la descripción precedente se refieren a LTE, se debería observar que la arquitectura de agregador descrita se puede desplegar igualmente en redes de telecomunicaciones basadas en otras arquitecturas de telecomunicaciones celulares, por ejemplo 2G, 3G, LTE Avanzada (Versión 10 del 3GPP hacia delante), arquitecturas futuras (por ejemplo, 5G), así como WD-CDMA y WiMAX. La arquitectura de agregador es agnóstica del tipo específico de RAN usada. En otras palabras, el controlador de agregador/entidad controladora está adaptado para trabajar con cualquier RAN y/o combinaciones de RAN. Esta es, por ejemplo, una de las razones por las que, en ciertas realizaciones, el controlador de agregador/entidad controladora es independiente de la RAN. Observaciones similares se aplican al dispositivo de comunicación para proporcionar una facilidad de agregador.

Además, será evidente para el lector que el término tecnología de acceso por radio (RAT) puede extenderse para incluir tecnologías relacionadas, tales como tecnologías WiFi convencionales (es decir, conforme con la familia de estándares IEEE 802.11) y/o tecnologías VLC, donde el contexto requiera o permita esto.

Además, mientras que la descripción anterior describe la capa de agregación como que proporciona un puente a la red celular para los dispositivos de comunicación que están en los bordes de las celdas, el lector experto apreciará que pueden surgir "puntos negros" de cobertura dinámica en otras partes dentro de las regiones de cobertura de radio (por ejemplo, debido al mal funcionamiento de equipos, patrones de uso inusuales y/o características del entorno natural o construido).

El lector apreciará además que los aspectos de la descripción precedente se aplican igualmente y sin pérdida de generalidad a los agregadores (y agregadores candidatos) que se fijan en una única localización como a los agregadores (y agregadores candidatos) que están en un estado de movilidad alternativo: tal como nómada o móvil.

También será bien entendido por los expertos en la técnica que, si bien las realizaciones descritas implementan cierta funcionalidad por medio de software, esa funcionalidad se podría implementar igualmente únicamente en hardware (por ejemplo, por medio de uno o más ASIC (circuitos integrados de aplicaciones específicas)) o en realidad por una mezcla de hardware y software. Por tanto, el alcance de la presente invención no se debería interpretar como que está limitado solamente a ser implementado en software.

Por último, también se debería observar que, si bien las reivindicaciones que se acompañan establecen combinaciones particulares de características descritas en la presente memoria, el alcance de la presente invención no se limita a las combinaciones particulares reivindicadas en lo sucesivo, sino que en su lugar se extiende para abarcar cualquier combinación de características o realizaciones descritas en la presente memoria, independientemente de si esa combinación particular se ha enumerado o no específicamente en las reivindicaciones que se acompañan en este momento.

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo de comunicación celular (1400) configurado para proporcionar una función de agregador, el dispositivo de comunicación celular (1400) que comprende:
 - un sistema de radio (1404) para establecer una conexión inalámbrica a una red de área de radio celular;
- 5 un sistema de radio de estación base (1403) configurado para actuar como una estación base para establecer conexiones inalámbricas celulares con uno o más de otros dispositivos de comunicación celular (1402); y

una función de seguridad (1414) configurada para establecer una conexión segura con una red central celular, a través de una red de área de radio celular con la cual el sistema de radio (1404) ha establecido una conexión inalámbrica;
- 10 en donde la conexión segura se utiliza para transportar datos desde y hacia el sistema de radio de estación base (1403) y se transporta, al menos en parte, mediante una conexión segura adicional entre una estación base de la macro red de área de radio (1401) y una macro pasarela de seguridad de la red central (1405) y, usando un Nombre de Punto de Acceso, APN, de agregador de la red central celular usada solamente por dispositivos que proporcionan funciones de agregador, a una pasarela de seguridad de agregador (1408) de la red central, el APN de agregador que proporciona acceso a la pasarela de seguridad de agregador (1408).
- 15
2. Un dispositivo de comunicación celular según la reivindicación 1, en donde el sistema de radio y el sistema de radio de estación base están configurados para operar según el mismo estándar celular.
3. Un dispositivo de comunicación celular según la reivindicación 2, en donde el estándar celular es LTE.
4. Un dispositivo de comunicación celular según la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en donde la conexión segura se establece a una pasarela de seguridad de la red central celular.
- 20
5. Un dispositivo de comunicación celular según cualquier reivindicación precedente, en donde la conexión segura establecida por la función de seguridad está configurada para, en uso, transportar enlaces de comunicación S1 entre el sistema de radio de estación base y la red central celular.
6. Una red de comunicaciones para proporcionar comunicaciones celulares a dispositivos móviles, la red que comprende,
 - una macro red de área de radio celular;
 - una red central celular conectada a la macro red de área de radio,
 - un dispositivo de comunicación celular que comprende
 - un sistema de radio (1404) que tiene una conexión inalámbrica celular a la macro red de área de radio;
- 25
- 30 un sistema de radio de estación base (1403) configurado para actuar como una estación base para establecer conexiones inalámbricas celulares con uno o más de otros dispositivos de comunicación celular (1402);

una función de seguridad (1414) que tiene una conexión segura con la red central celular a través de la conexión inalámbrica celular a la macro red de área de radio celular;
- 35 en donde la conexión segura se utiliza para transportar datos desde y hacia el sistema de radio de estación base (1403) y en donde el sistema de comunicación está configurado de manera que la conexión segura se transporta, al menos en parte, por una conexión segura adicional entre una estación base de la macro red de área de radio (1401) y una macro pasarela de seguridad de la red central (1405) y, usando un Nombre de Punto de Acceso, APN, de agregador de la red central celular usada solamente por dispositivos que proporcionan funciones de agregador, a una pasarela de seguridad de agregador (1408) de la red central, el APN de agregador que proporciona acceso a la pasarela de seguridad de agregador (1408).
- 40
7. Una red de comunicaciones según la reivindicación 6, en donde la conexión segura se establece a una pasarela de seguridad de agregador de la red central celular.
8. Una red de comunicaciones según la reivindicación 6 o 7, en donde la función de seguridad utiliza el protocolo de seguridad IPSec.
- 45
9. Una red de comunicaciones según cualquiera de las reivindicaciones 6, 7 u 8, en donde la macro pasarela de seguridad y la pasarela de seguridad de agregador son el mismo equipo físico.
10. Una red central celular conectada a una macro red de área de radio, la red central celular que comprende:

una macro pasarela de seguridad

una pasarela de seguridad de agregador

5 la red central celular que tiene una conexión segura con una función de seguridad (1414) de un dispositivo de comunicación celular (1400) a través de una conexión inalámbrica celular desde la macro red de área de radio celular;

10 en donde la red central celular está configurada de manera que la conexión segura se utiliza para transportar datos desde y hacia un sistema de radio de estación base del dispositivo de comunicación celular (1403) y se transporta, al menos en parte, por una conexión segura adicional entre una estación base de la macro red de área de radio (1401) y la macro pasarela de seguridad de la red central (1405) y, usando un Nombre de Punto de Acceso, APN, de agregador de la red central celular usada solamente por dispositivos que proporcionan funciones de agregador, a la pasarela de seguridad de agregador (1408) de la red central, el APN de agregador que proporciona acceso a la pasarela de seguridad de agregador (1408).

11. Un método de comunicación entre un dispositivo agregador (1400) y una red central celular, el método que comprende los pasos de

15 establecer una conexión celular desde un subsistema de radio de estación base (1403) del dispositivo agregador (1400) a un dispositivo móvil (1402), en donde el dispositivo agregador (1400) actúa como una estación base en la conexión;

establecer una conexión celular desde el dispositivo agregador de un sistema de radio (1404) a una estación base de una macro red de área de radio celular (1401); y

20 establecer una conexión segura entre una función de seguridad (1414) del dispositivo agregador (1400) y la red central celular a través de la macro red de área de radio celular, en donde la conexión segura se utiliza para transportar datos desde y hacia el subsistema de radio de estación base (1403) del dispositivo agregador (1400), y se transporta, al menos en parte, por una conexión segura adicional entre una estación base de la macro red de área de radio (1405) y una macro pasarela de seguridad de la red central (1405) y, usando un Nombre de Punto de Acceso, APN, de agregador de la red central celular usada solamente por los dispositivos que proporcionan funciones de agregador, a una pasarela de seguridad de agregador (1408) de la red central, el APN de agregador que proporciona acceso a la pasarela de seguridad de agregador (1408).

12. Un método según la reivindicación 11, en donde la conexión segura se establece a una pasarela de seguridad de agregador de la red central.

30 13. Un método según la reivindicación 11 o 12, en donde la conexión segura desde el agregador a la red central celular se establece usando el protocolo IPSec.

14. Un método según cualquiera de las reivindicaciones 11 a 13, en donde la conexión segura se utiliza para transportar enlaces de comunicación S1 entre el subsistema de radio de estación base del dispositivo agregador y la red central celular.

35 15. Un método según cualquiera de las reivindicaciones 11 a 14, en donde la conexión segura habilita el direccionamiento directo del subsistema de radio de estación base del dispositivo agregador desde la red central celular.

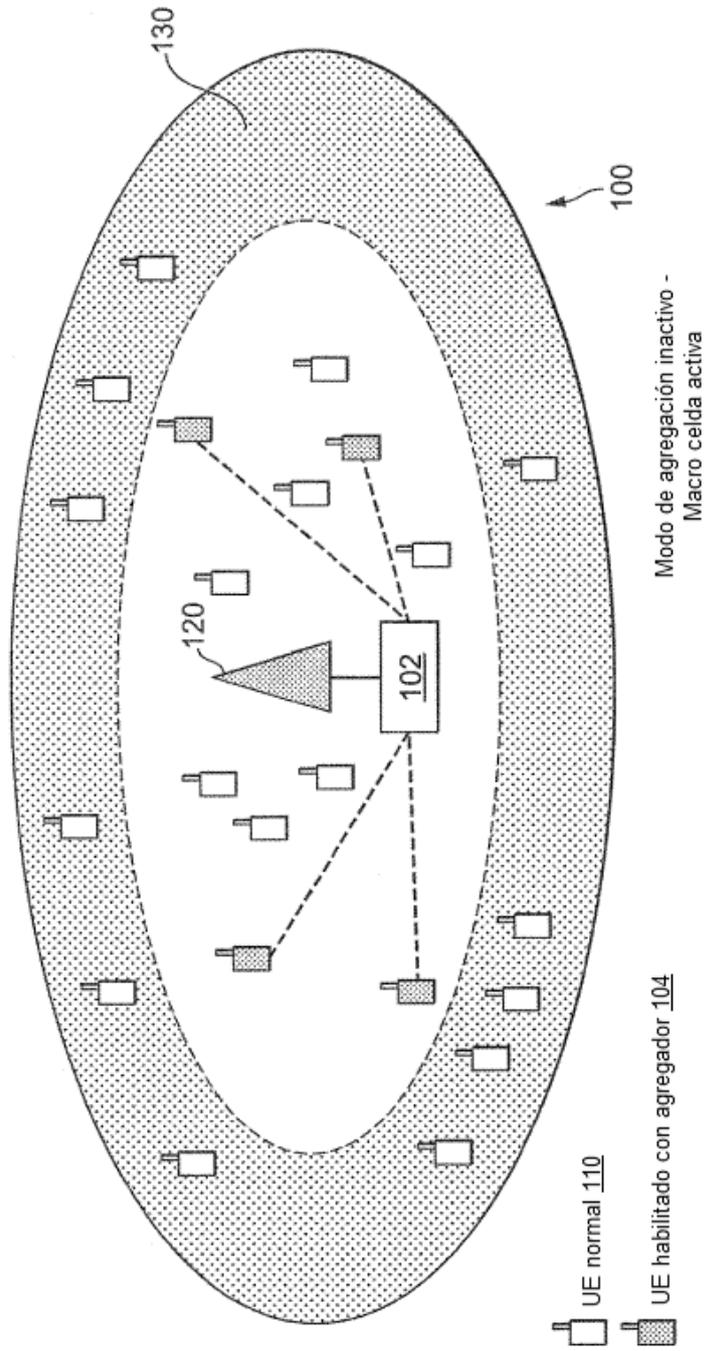
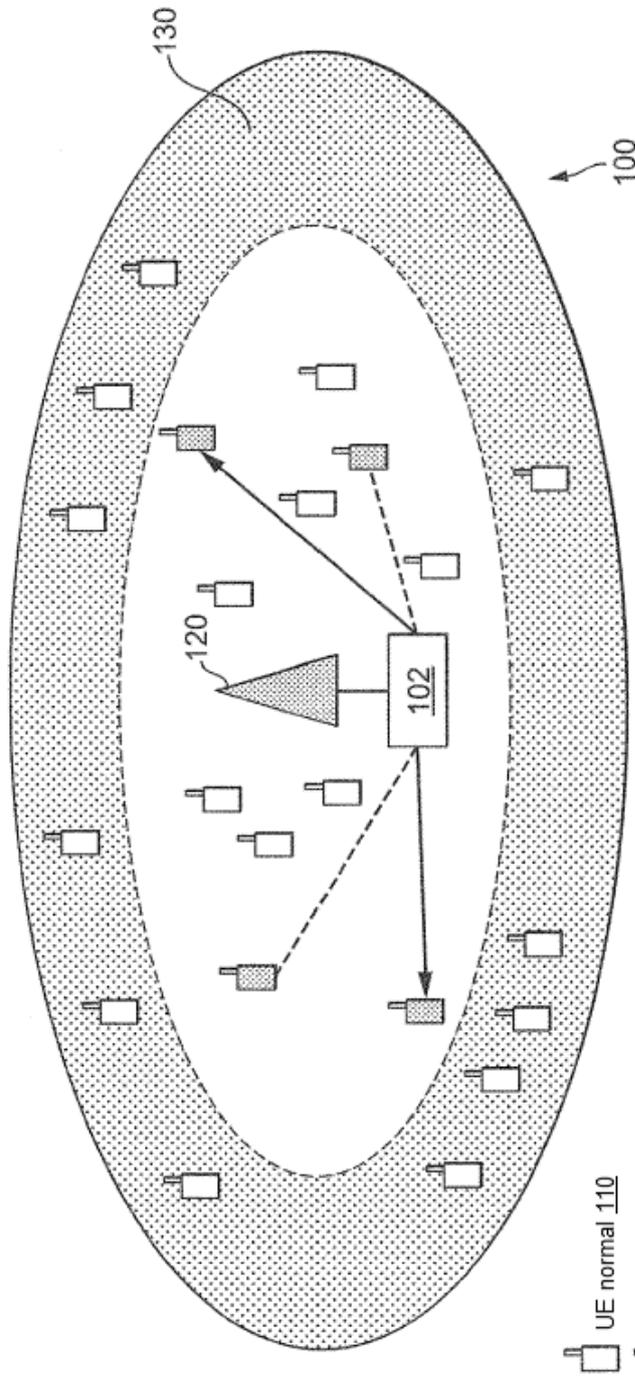


FIG. 1A



El modo de agregación se activa por un selector
(solamente cuando sea necesario/útil)

FIG. 1B

- UE normal 110
- UE habilitado con agregador 104

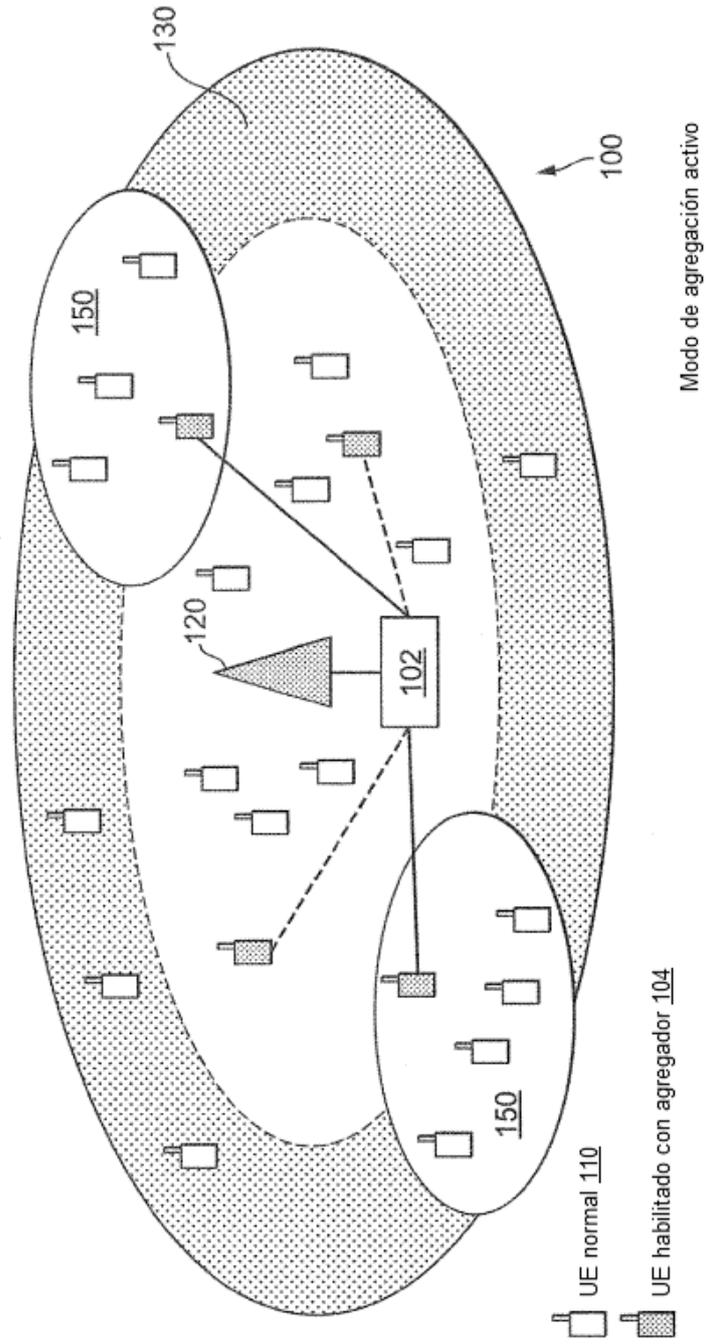
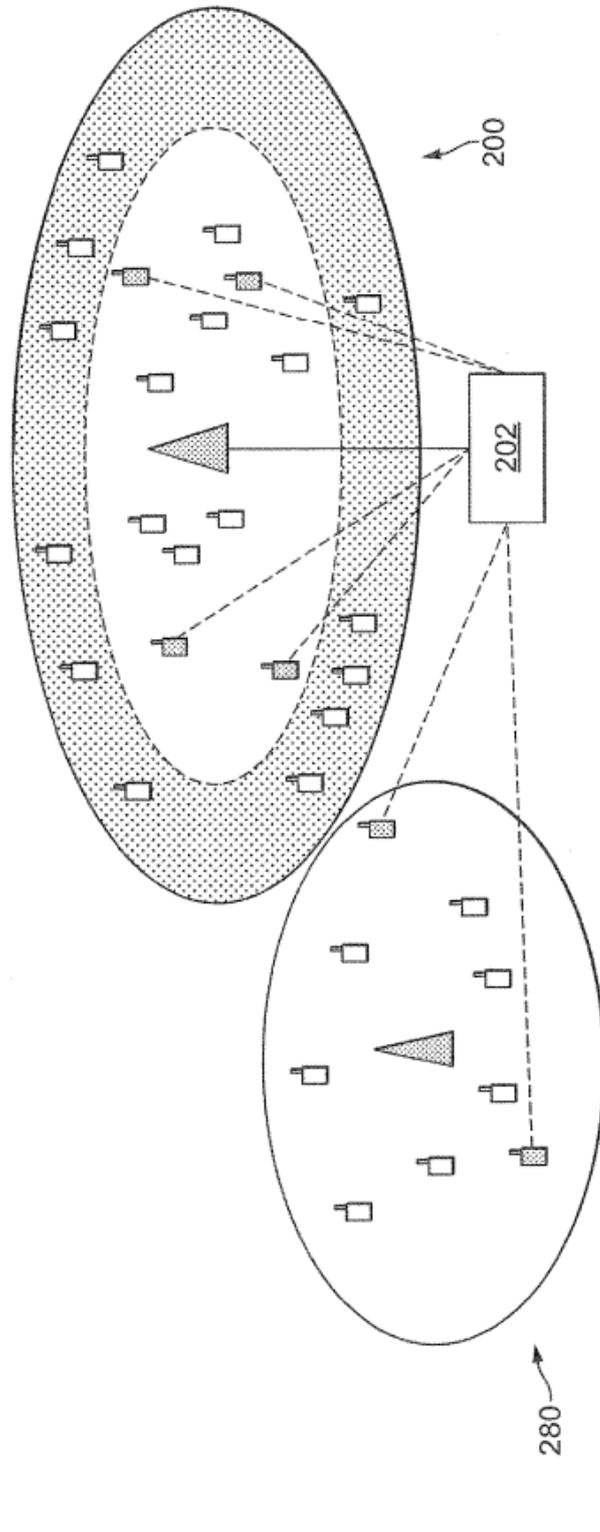


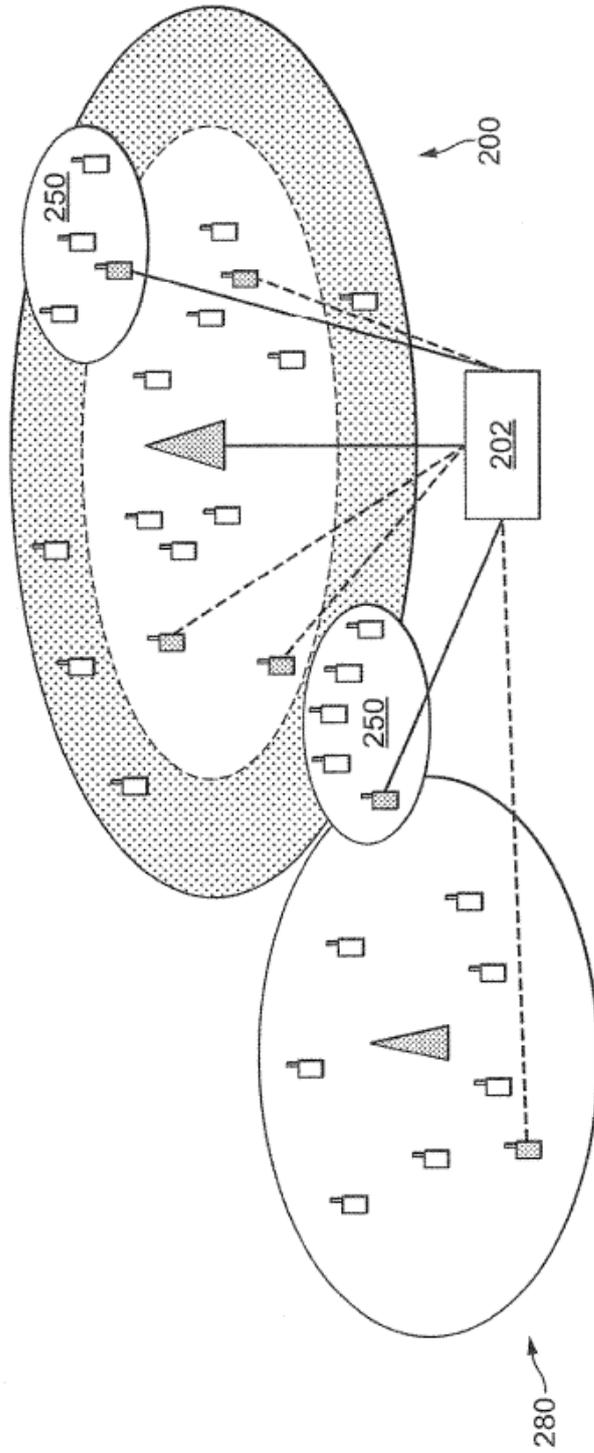
FIG. 1C



Modo de agregación inactivo -
Macro celdas activas

FIG. 2A

-  UE normal 210
-  UE habilitado con agregador 204



Modo de agregación activo

- UE normal 210
- UE habilitado con agregador 204

FIG. 2B

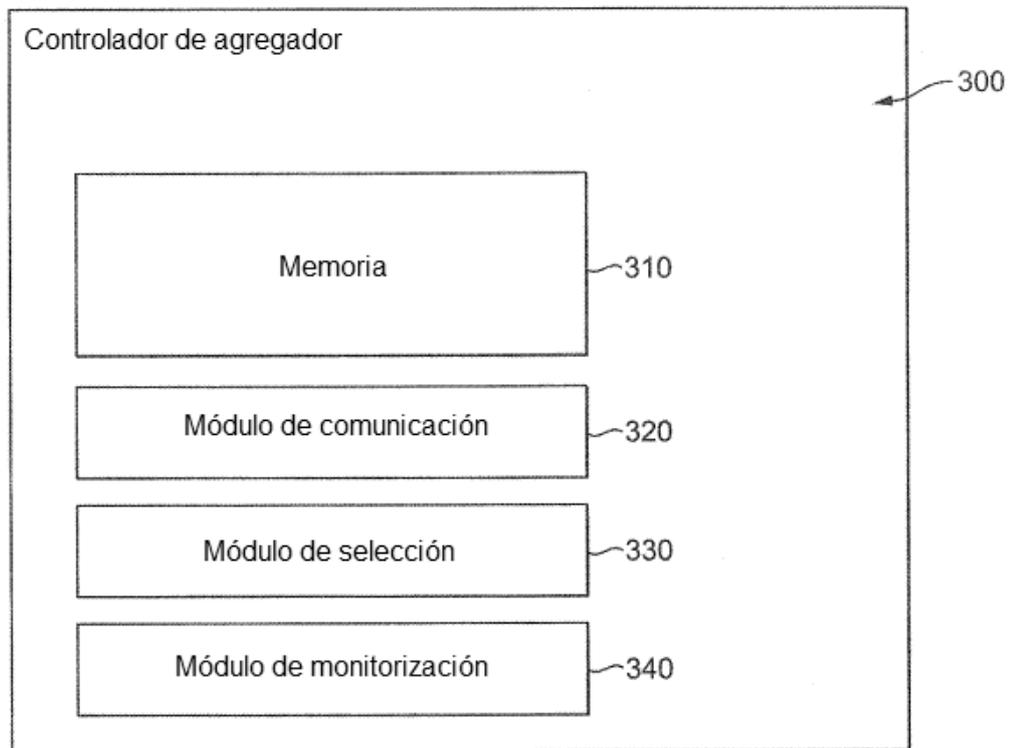


FIG. 3

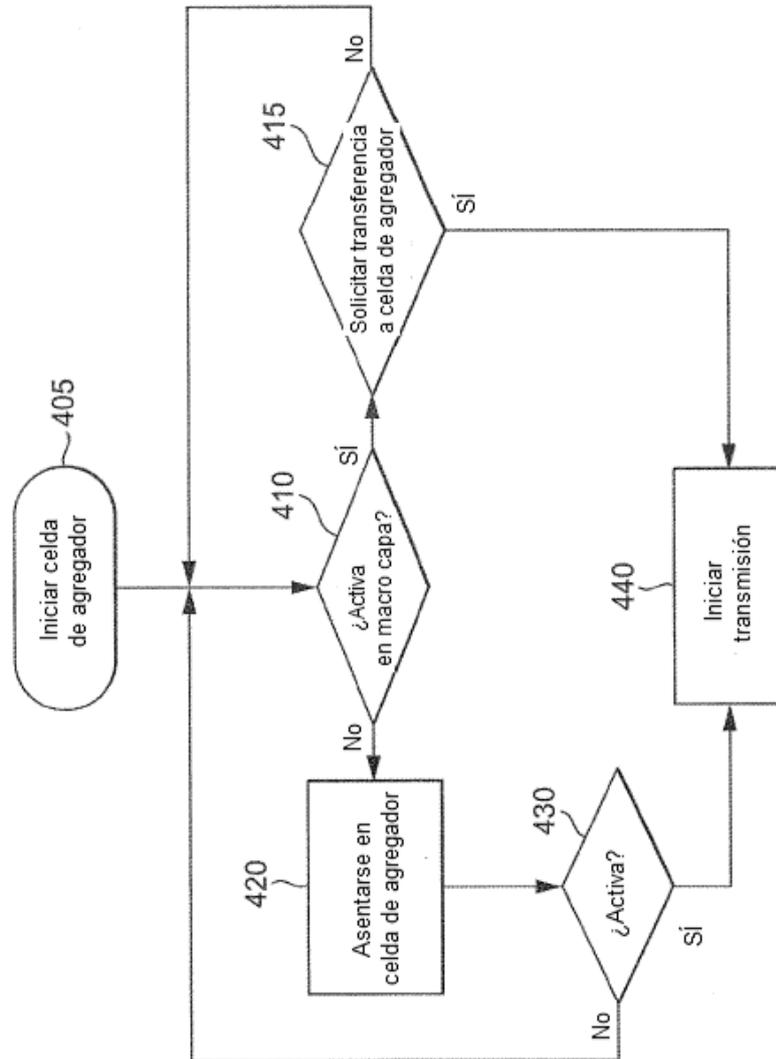


FIG. 4

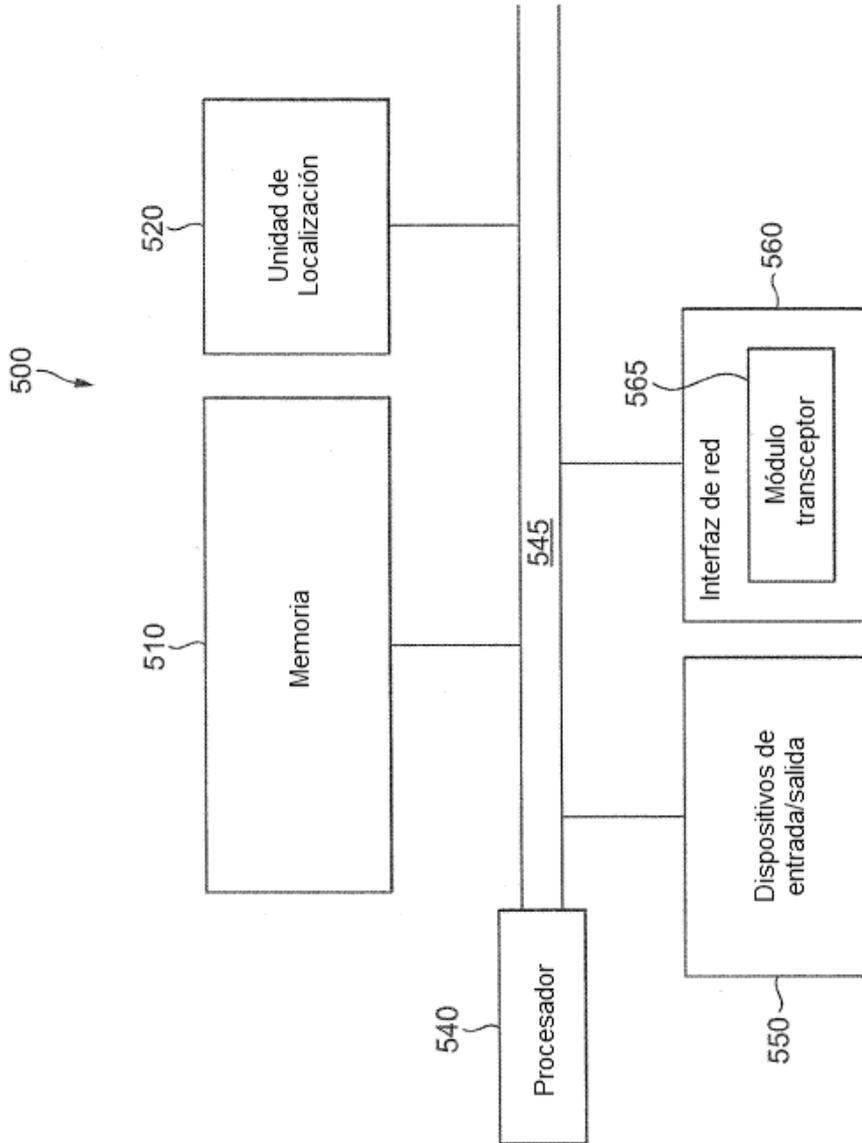


FIG. 5

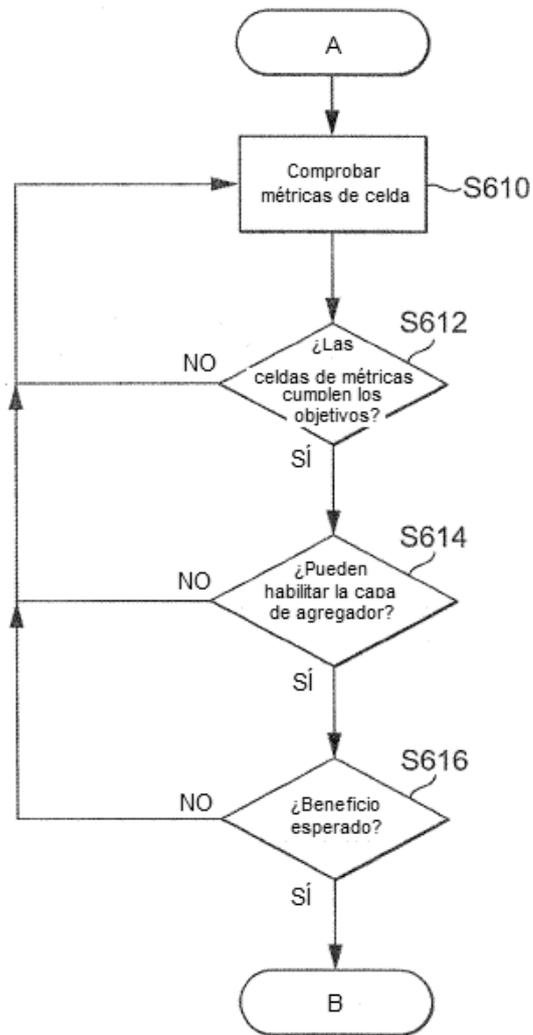


FIG. 6A

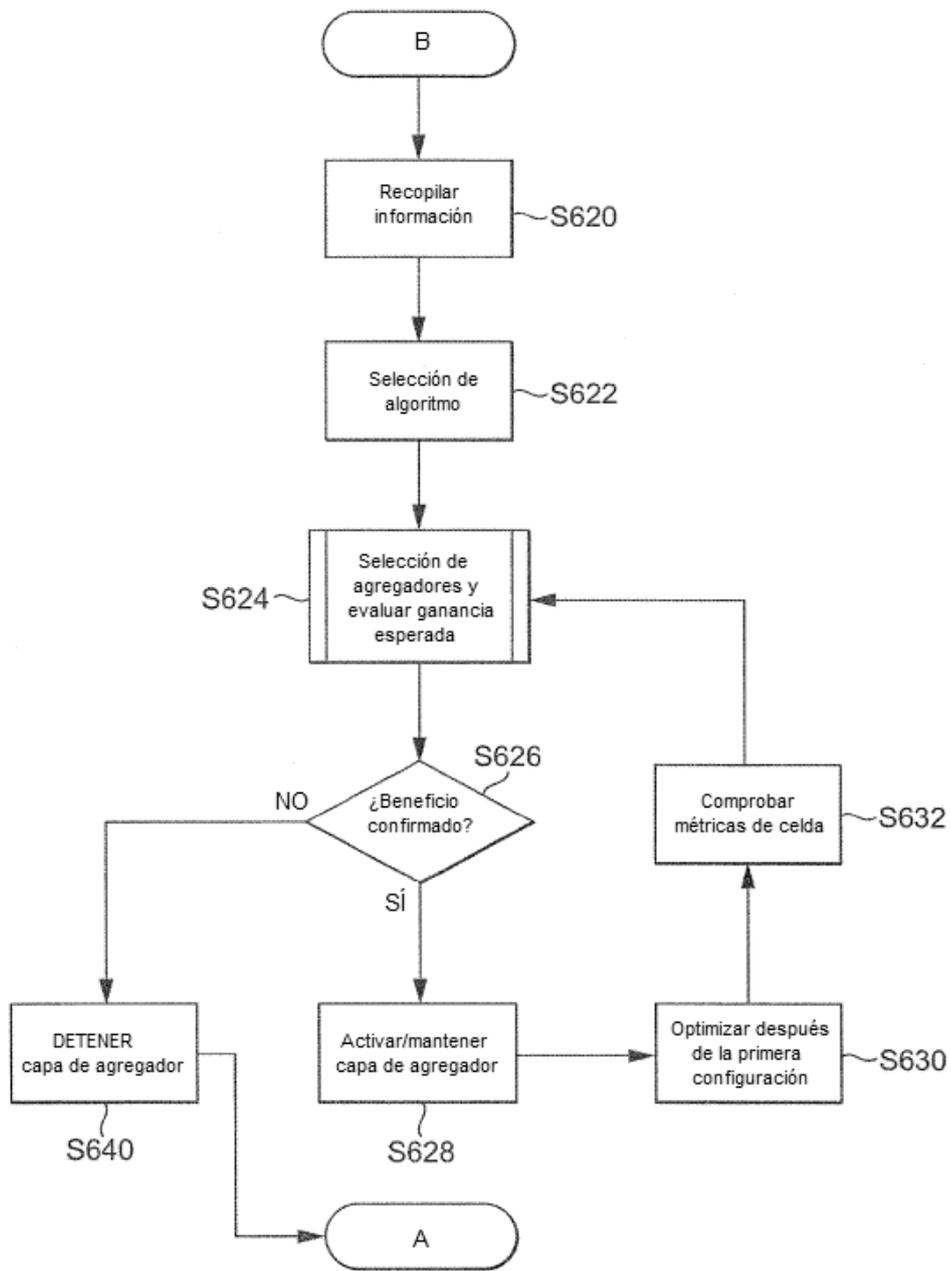


FIG. 6B

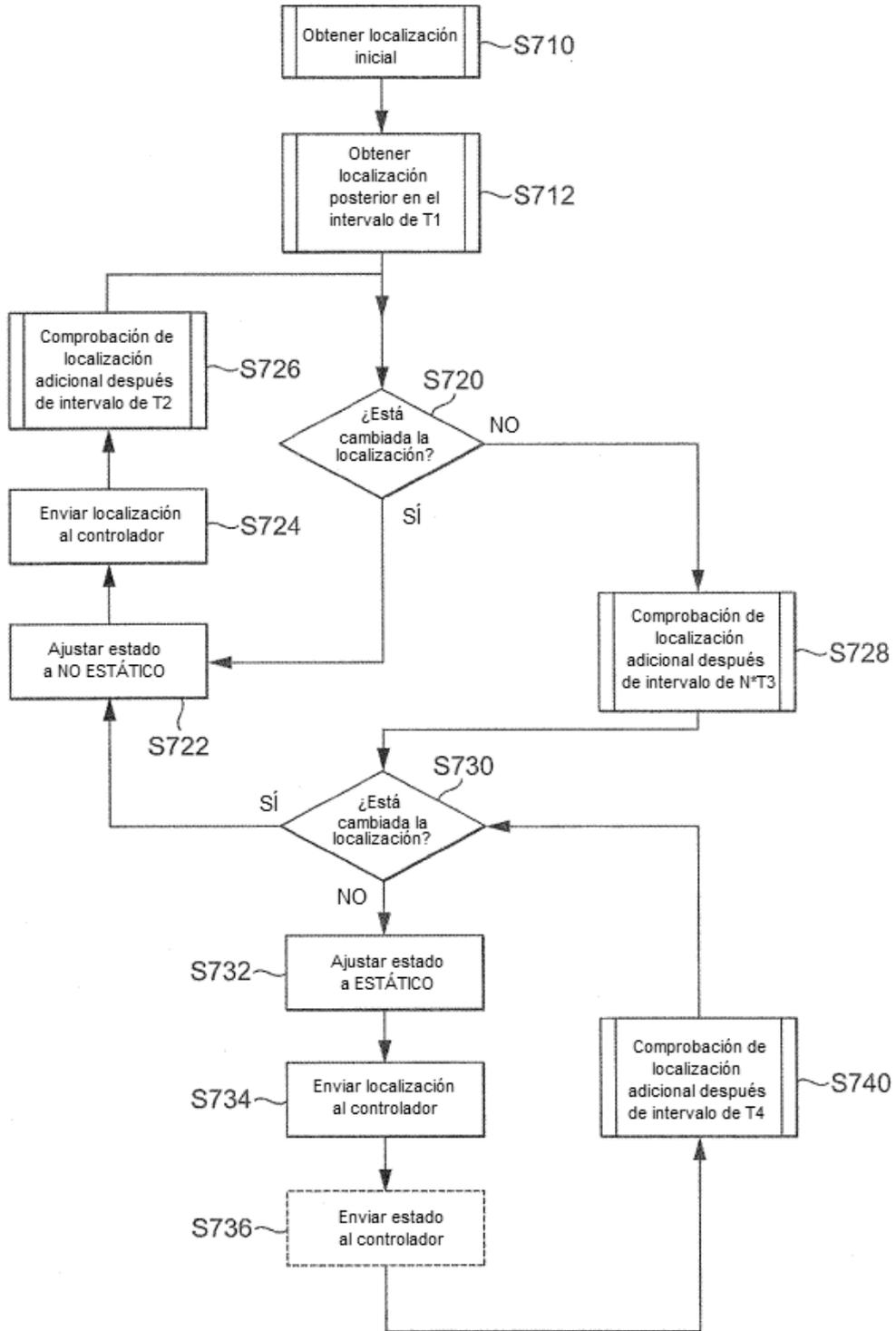


FIG. 7

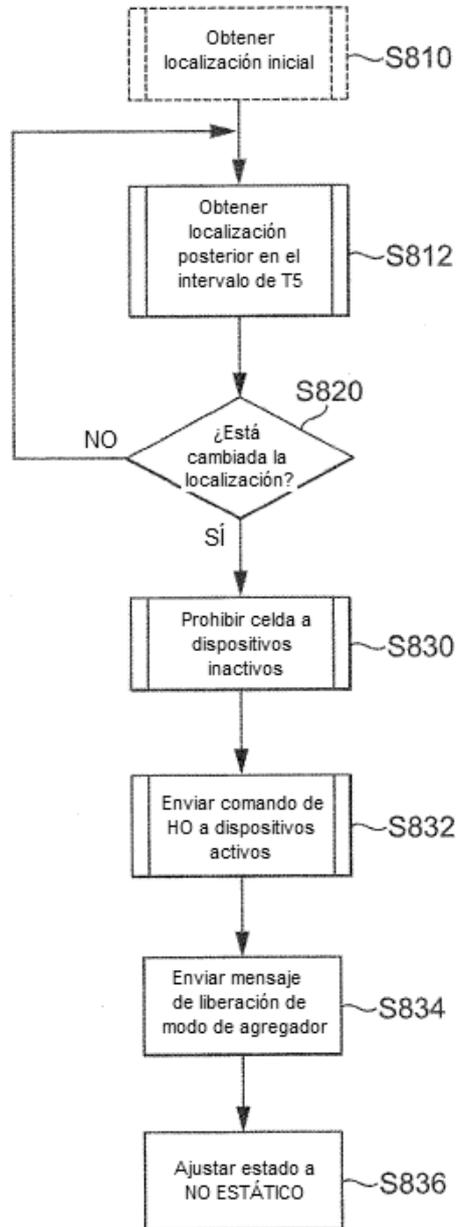


FIG. 8

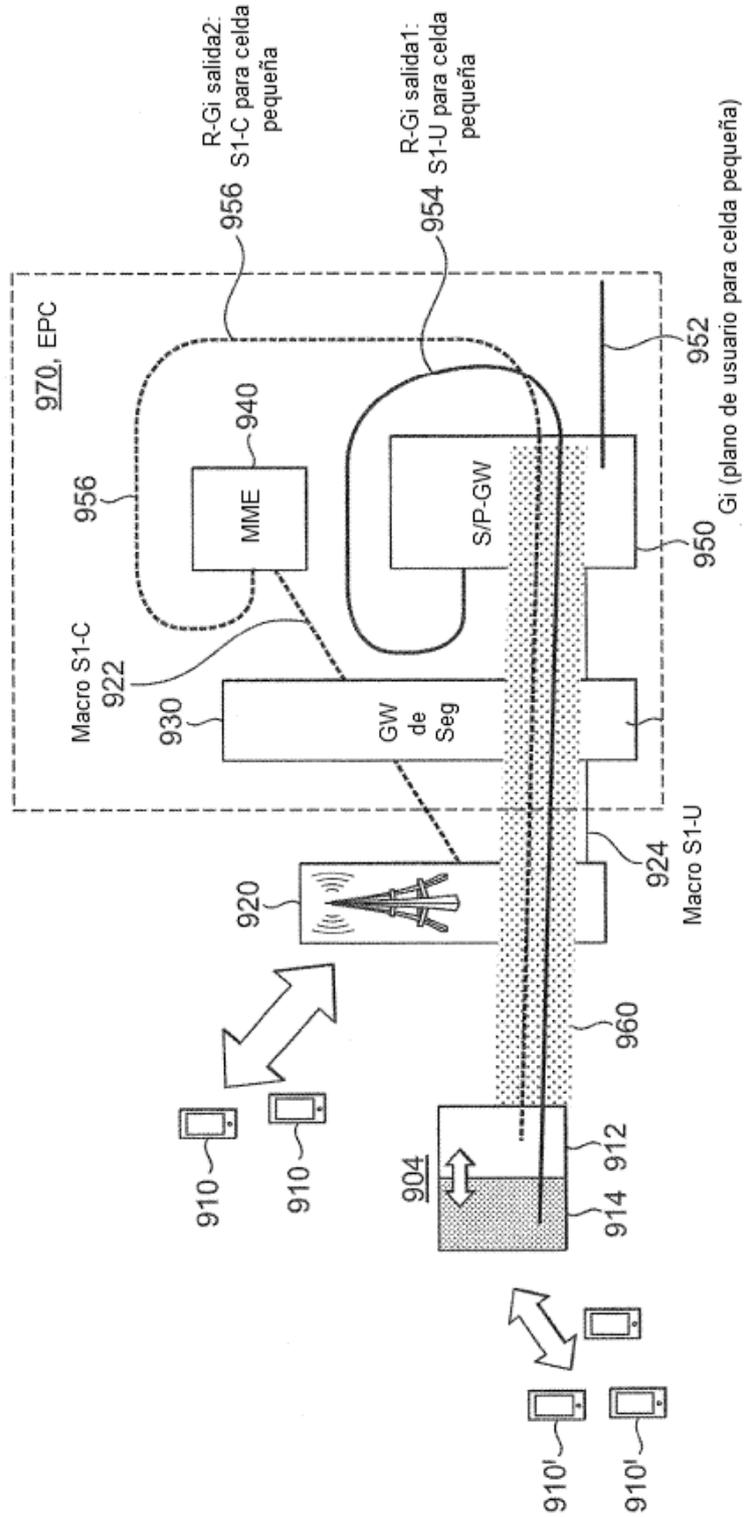


FIG. 9

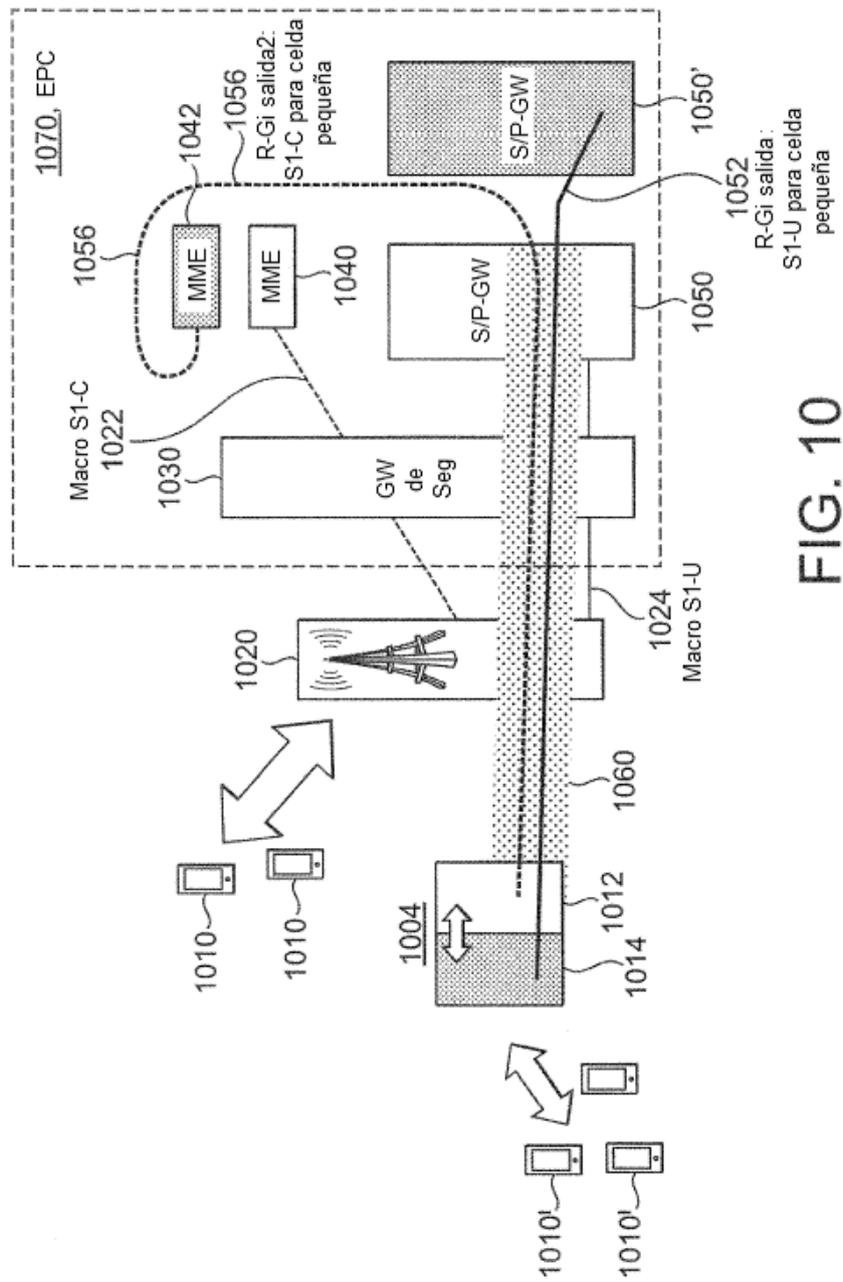


FIG. 10

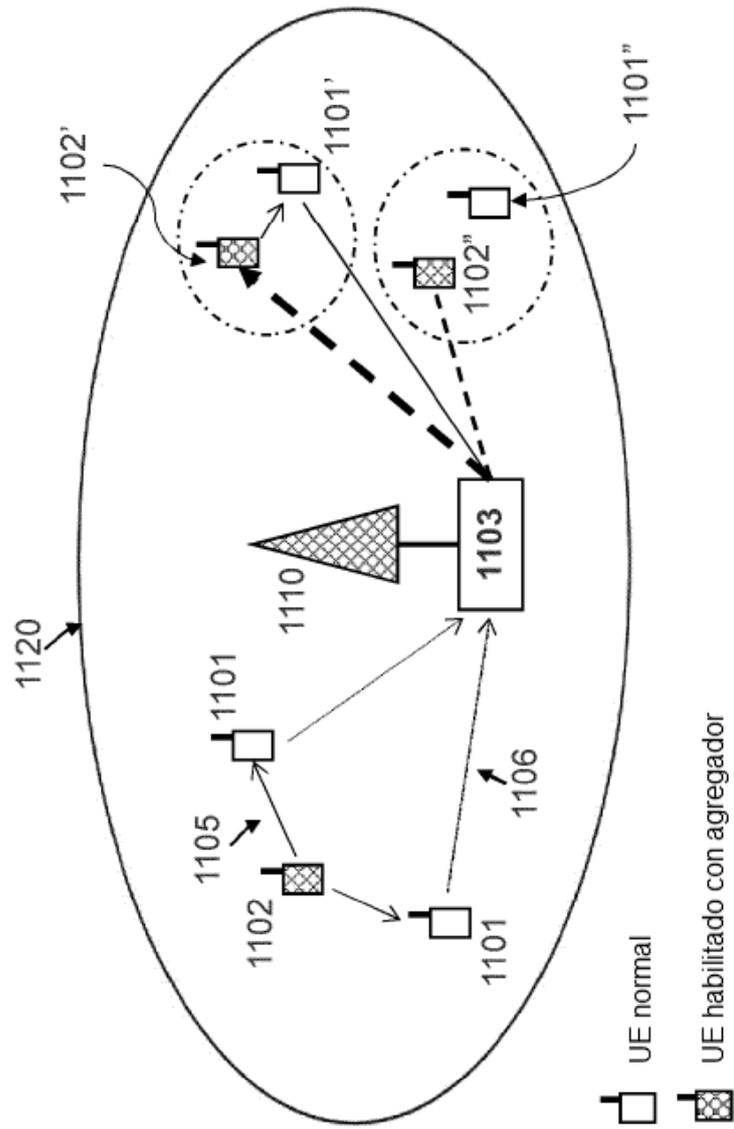


Fig. 11A

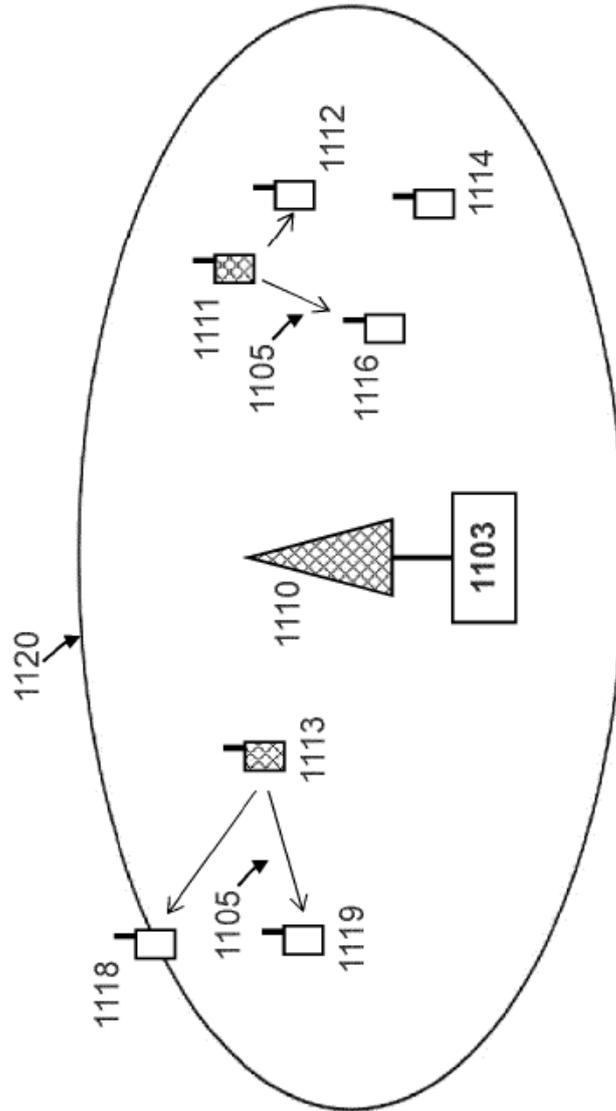


Fig. 11B

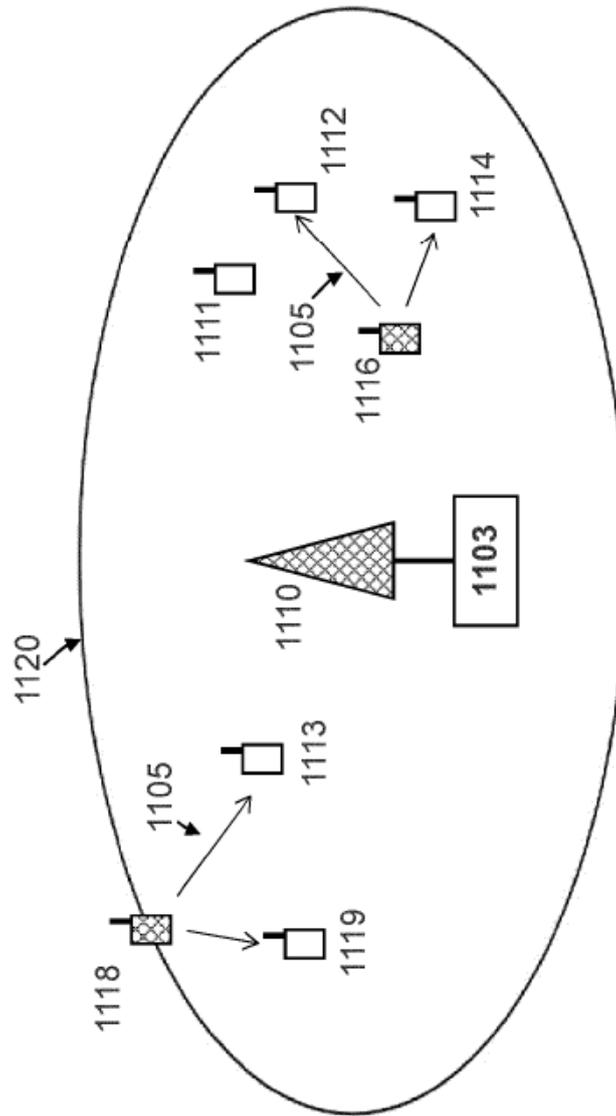


Fig. 11C

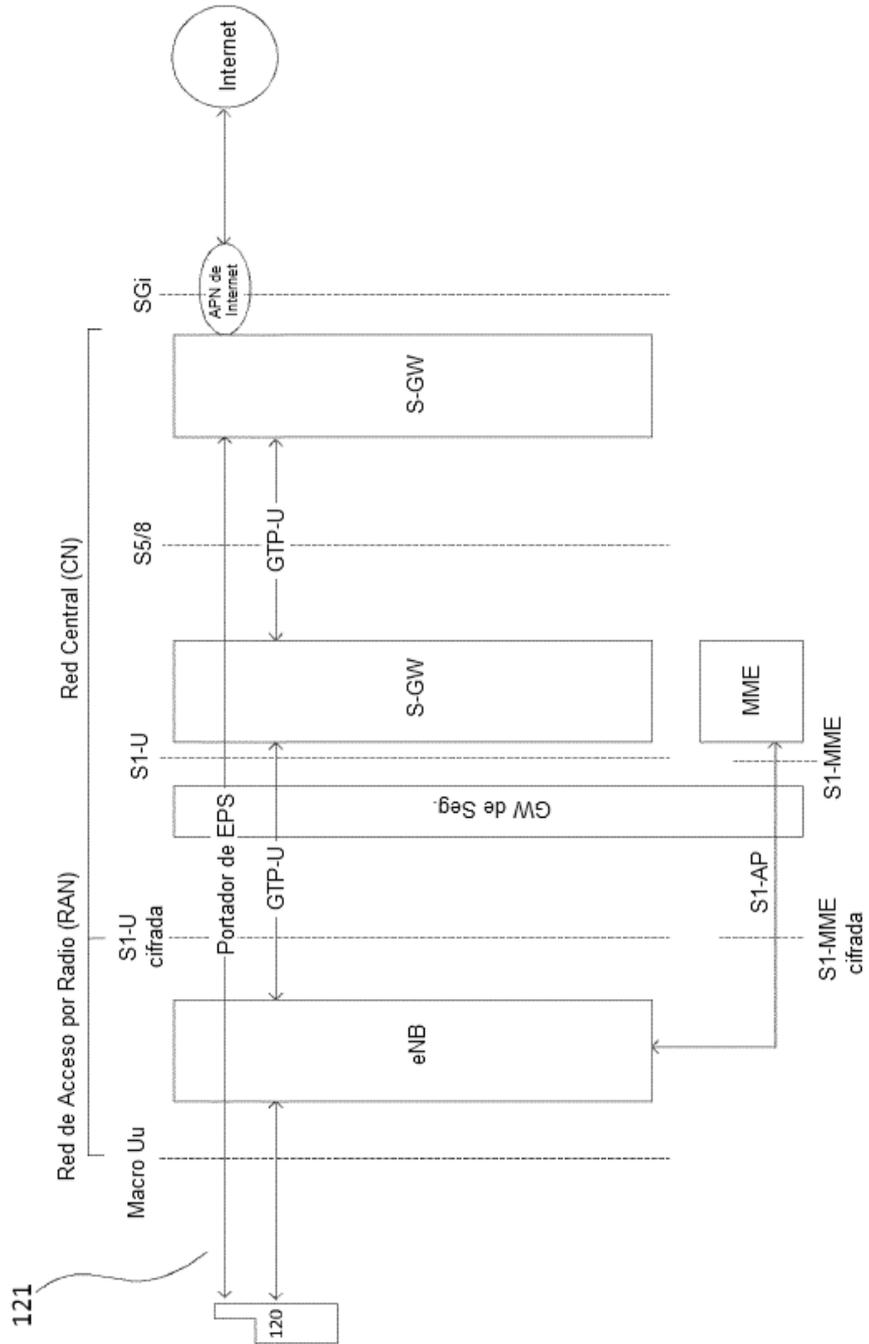


Figura 12

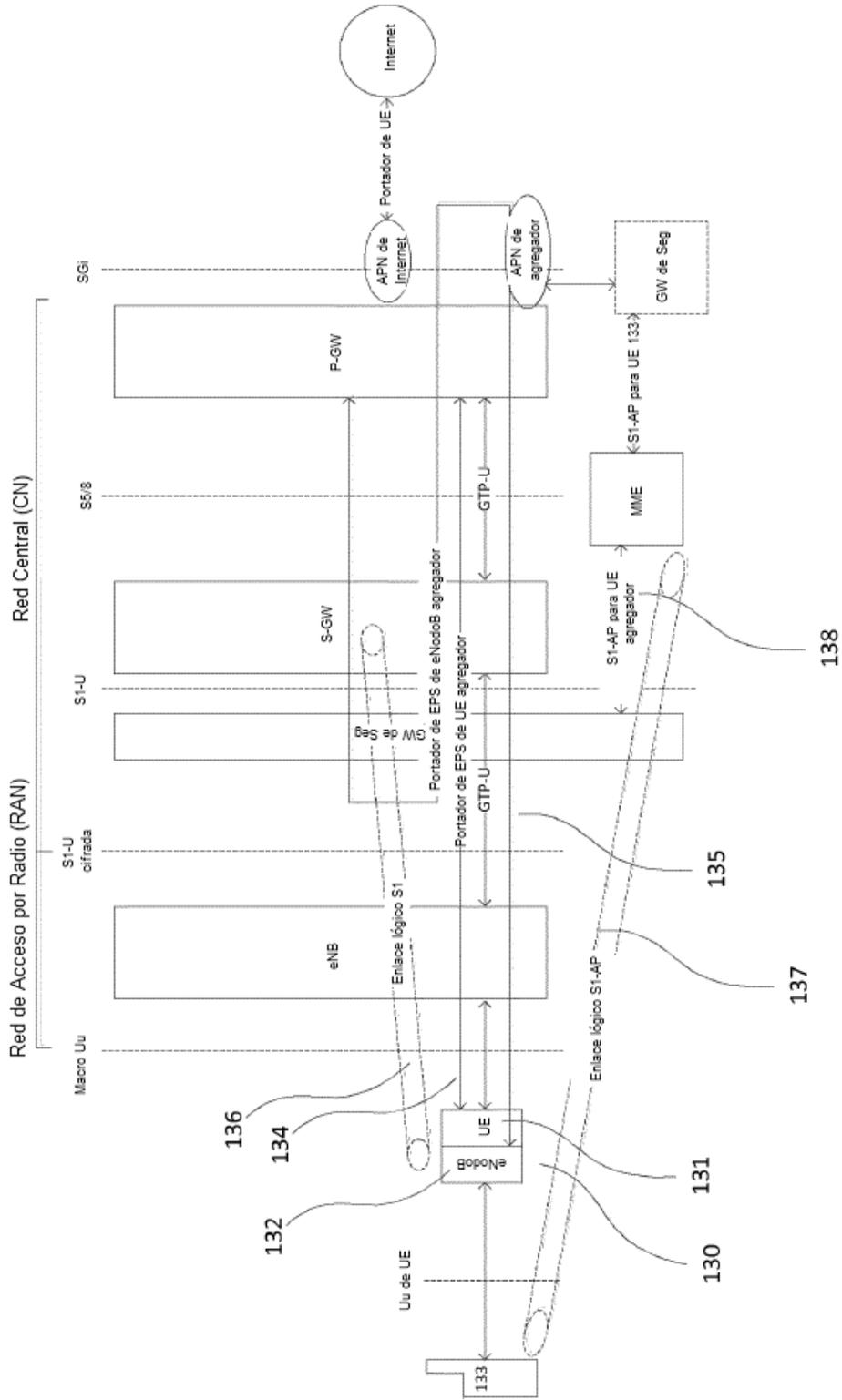


Figura 13

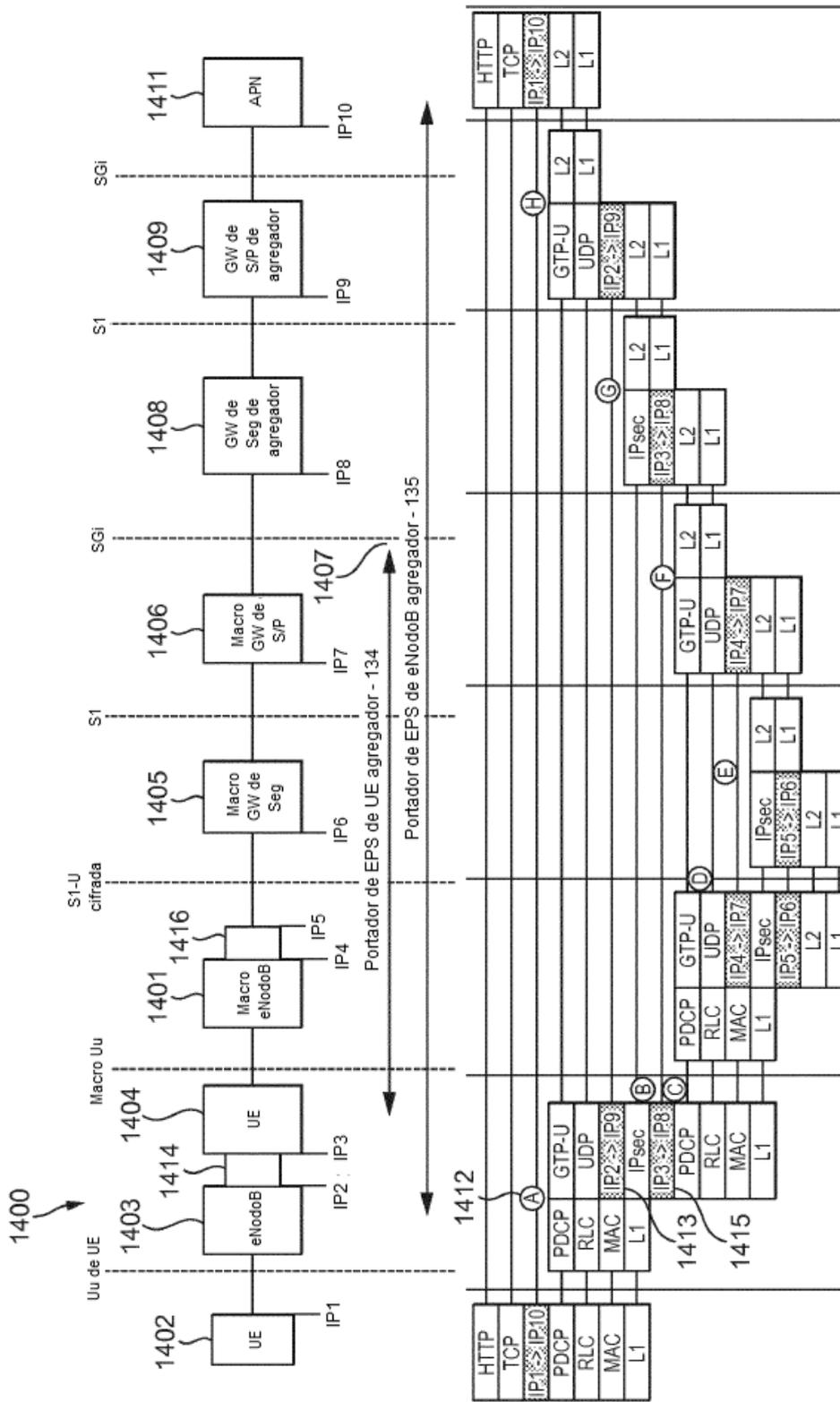


FIG. 14

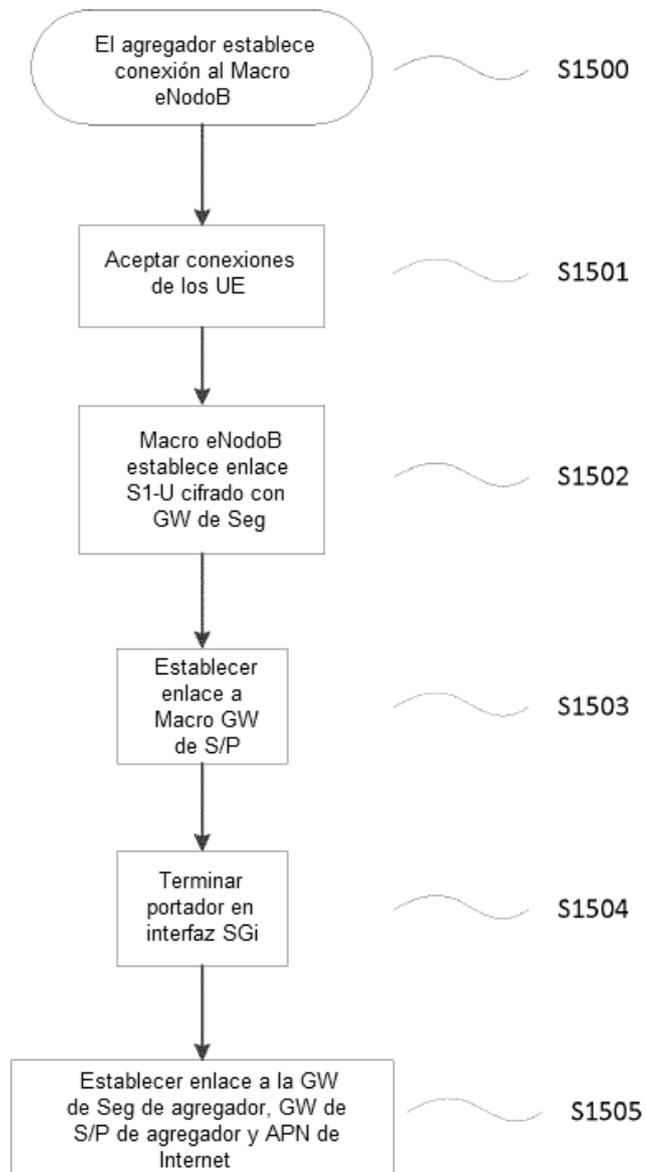


Figura 15

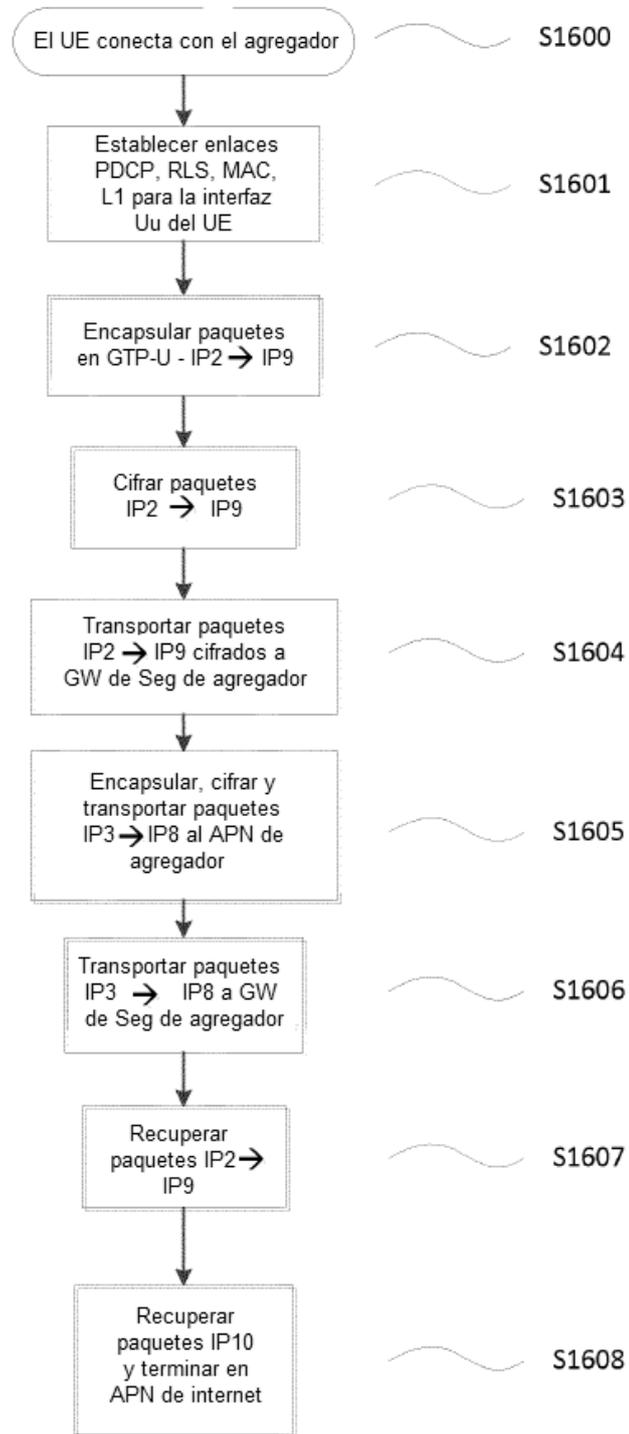


Figura 16