

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 638 546**

51 Int. Cl.:

H04W 28/08 (2009.01)

H04W 16/08 (2009.01)

H04W 48/20 (2009.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **23.07.2013 PCT/EP2013/065481**

87 Fecha y número de publicación internacional: **30.01.2014 WO14016280**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.07.2013 E 13742007 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.07.2017 EP 2878153**

54 Título: **Un método para implementar un mecanismo de equilibrado de carga de célula en redes inalámbricas**

30 Prioridad:

27.07.2012 ES 201231218

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

23.10.2017

73 Titular/es:

**TELEFÓNICA S.A. (100.0%)
Gran Vía 28
28013 Madrid, ES**

72 Inventor/es:

LORCA HERNANDO, JAVIER

74 Agente/Representante:

ARIZTI ACHA, Monica

ES 2 638 546 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).

Un método para implementar un mecanismo de equilibrado de carga de célula en redes inalámbricas

DESCRIPCIÓN

Campo de la técnica

5 La presente invención se refiere, en general, a un método para la transmisión de datos en redes inalámbricas, y más particularmente, a un método para implementar un mecanismo de equilibrado de carga de célula en redes inalámbricas.

10 Estado de la técnica anterior

El sistema universal de telecomunicación móvil (UMTS) es una norma de 3GPP basada en acceso múltiple por división de código de banda ancha (WCDMA), y representa la principal interfaz aérea de tercera generación en el mundo, con despliegues a lo largo de Europa, Asia y Estados Unidos. La primera versión de UMTS, indicada como 15 *Release 99*, proporcionó conexiones basadas en circuitos hasta un máximo de 2 Mbps, aunque se entregaron tasas de transmisión de datos máximas reales de 384 kbps [1]. El UMTS *Release 5*, también conocido como acceso de paquetes de alta velocidad en enlace descendente (HSDPA), proporcionó conexiones eficaces de enlace descendente basadas en paquetes con una tasa de transmisión máxima de 14,4 Mbps [2]. El UMTS *Release 6*, también conocido como acceso de paquetes de alta velocidad en enlace ascendente (HSUPA) o enlace ascendente 20 potenciado (EUL), proporcionó conexiones de enlace ascendente de alta velocidad con una latencia muy inferior [3]. Tanto HSDPA como HSUPA se conocen conjuntamente como HSPA, y representan el principal habilitador para la explosión de aplicaciones para teléfonos inteligentes ávidas de datos inalámbricos.

La evolución a largo plazo (LTE) es la siguiente etapa en sistemas 3G celulares, lo que representa básicamente una 25 evolución de las normas de comunicaciones móviles actuales [4]. Es una norma de 3GPP que proporciona caudales de hasta 50 Mbps en enlace ascendente y hasta 100 Mbps en enlace descendente. Usa ancho de banda ajustable desde 1,4 hasta 20 MHz con el fin de adecuar las necesidades de los operadores de red que tienen asignaciones de ancho de banda diferentes. También se espera que la LTE mejore la eficacia espectral en redes, permitiendo que las 30 operadoras proporcionen más servicios de datos y voz sobre un ancho de banda dado.

Por otro lado, las tecnologías de acceso de radio no de 3GPP (tal como Wi-Fi) están volviéndose cada vez más 35 frecuentes como tecnologías de red inalámbrica doméstica o pública. Aunque el escenario previsto para cada tecnología es diferente, en muchos casos sería deseable realizar estrategias de equilibrado de célula específicas con el objetivo de descargar parte del tráfico inalámbrico. Un caso de uso típico es la descarga de datos celulares a través de puntos de acceso Wi-Fi, pero existen otras posibilidades más complejas que implican varias frecuencias y/o células de capas diferentes (es decir, macro, micro, pico y/o femtocapas).

En la actualidad, hay un interés creciente por la investigación de mecanismos de gestión de recursos de radio (RRM) 40 conjuntos que consideran varias tecnologías de acceso de radio (RAT) diferentes como toda una red de acceso que conecta los usuarios al núcleo de red basado en paquetes. Es ventajoso considerar por ejemplo tecnologías 2G, 3G, Wi-Fi y LTE como diferentes alternativas de acceso posibles para las que puede conseguirse el equilibrado de carga a través de estrategias de RRM específicas. Estos procedimientos de equilibrado de carga son altamente complejos de implementar por varios motivos:

- 45 • Cada tecnología de acceso de radio tiene capacidades de servicio inherentes diferentes, lo que en algunas situaciones descarta un equilibrado perfecto entre las mismas. Por ejemplo, los servicios de datos de alta velocidad no pueden soportarse por redes 2G heredadas, y despliegues de LTE iniciales sin ningún soporte VoLTE no tendrán una capacidad de voz distinta de la de recurrir a la de las redes heredadas 3G/2G.
- 50 • Los mecanismos de equilibrado de carga habitualmente implican la interacción de diferentes nodos de red para el intercambio de información de carga de célula, y este intercambio de información no está completamente normalizado antes de 3GPP *Release 9* [5]. Debido a esta falta de normalización, nodos de diferentes proveedores no pueden comunicarse habitualmente entre sí para fines de equilibrado de carga. Adicionalmente, las redes heredadas actuales pueden presentar problemas importantes cuando se intenta realizar mejoras importantes tales como las que se requieren para equilibrado de carga entre e intra-RAT, porque las interfaces 55 existentes no pueden soportar la capacidad requerida para tal intercambio de información.
- El direccionamiento de tráfico en redes de acceso planificado convencionales es un procedimiento de radio delicado porque obliga a los usuarios a conectarse a una célula distinta de la que tiene las mejores condiciones de radio. La relación señal a interferencia más ruido (SINR) objetivo puede ser habitualmente peor que la de la mejor célula, y esto debe compensarse mediante una carga de célula inferior (que puede dar como resultado un 60 caudal percibido superior). Esto se logra a costa de que el UE funcione en condiciones de SINR peores, lo que puede ser especialmente perjudicial para la detección de canales de control.

A pesar de estos desafíos, es altamente deseable investigar mecanismos de equilibrado de carga eficaces para la descarga de tráfico entre células, tecnologías y/o frecuencias diferentes.

Pero, aunque existen muchas soluciones propietarias para el equilibrado de carga, habitualmente no pueden interoperarse a menos que los nodos afectados entiendan los mismos protocolos.

- 5 Con el fin de facilitar el intercambio de carga entre RAT, la 3GPP *Releases* 9 y 10 normalizan un procedimiento de intercambio de carga por encima del protocolo RIM (gestión de información de RAN), diseñado para ser independiente del procedimiento de traspaso, de modo que puede desencadenarse en cualquier momento por una estación base [5]. Sin embargo, este intercambio de carga debe atravesar varios nodos del núcleo de red, dando como resultado, por tanto, una congestión de señalización significativa si se requiere información de carga exacta y actualizada. Además, los nodos relevantes deben soportar esta característica lo que, en general, significa mejorar un número significativo de nodos de red.

10 Sin embargo, el intercambio de información de carga soportado por RIM es algo limitado [5]. Están proponiéndose extensiones del protocolo RIM [16], pero aún quedan fuera de los cuerpos de estandarización, por lo que no pueden interoperarse universalmente.

15 El intercambio de información de carga tiene como objetivo modificar los algoritmos de traspaso con el fin de direccionar los usuarios en modo conectado a una célula diferente, ya esté en la misma frecuencia, en otra frecuencia o incluso en una RAT diferente. Los algoritmos de traspaso son propietarios y están controlados por los nodos de acceso en redes de 3GPP, pero deben ser consistentes con los parámetros de selección y reelección de célula de modo que los UE en modo inactivo acampen en la célula más adecuada. Los informes de medición pueden configurarse por la red para controlar la movilidad de UE en modo conectado, por ejemplo tras haber desencadenado un evento (tal como que la célula servidora se vuelva peor que un umbral absoluto durante un intervalo de tiempo), pero las decisiones de traspaso dependen de las implementaciones reales.

20 La movilidad en modo inactivo puede controlarse mediante parámetros de difusión relacionados con la selección y reelección de célula. Estos parámetros podrían cambiar para obligar a los UE a que acampen en una célula diferente según su carga tal como se propone en la solicitud de patente US 2006/0128394 A1. Para impedir efectos de ping-pong, esos parámetros deben modificarse tanto en las células fuente como en las objetivo, pero con signos inversos: por ejemplo, si la célula fuente aplica un desplazamiento +X, la célula objetivo también debe aplicar un desplazamiento -X por motivos de consistencia. Esto puede conducir a situaciones de conflicto como las representadas en la figura 1.

25 Un usuario UE1 ubicado cerca del borde entre las células A y B (pero más cercano a A) acampa en la célula A. Si se suponen cargas de célula del 90 % y el 50 % para las células A y B, respectivamente, puede ser aconsejable mover el UE1 hacia la célula B incluso en modo inactivo. Los parámetros de reelección correspondientes deben modificarse entonces por medio de un desplazamiento en la potencia/calidad medida de las células A y B, con signos opuestos. Por ejemplo, si debe aplicarse un desplazamiento positivo en la célula A para un movimiento al exterior del usuario, entonces debe aplicarse un desplazamiento negativo en B por motivos de consistencia. Simultáneamente, un usuario UE2 ubicado cerca del borde entre las células C y B acampa en la célula B. La carga inferior en la célula C (20 %) hace que sea razonable direccionar el UE2 hacia la célula C, aplicando desplazamientos apropiados. Estos desplazamientos deben ser positivo para la célula B y negativo para la célula C. Por tanto, deben tomarse decisiones de desviación contradictorias en la célula B para direccionar usuarios diferentes. Los escenarios heterogéneos sufrirán el mismo problema, independientemente de los tamaños de célula reales.

30 Además de equilibrado de célula entre RAT basado en 3GPP (que implica GSM/GPRS, UMTS, HSPA, CDMA2000 y/o LTE) también pueden considerarse mecanismos de equilibrado de célula entre tecnologías no 3GPP (que implican, por ejemplo, Wi-Fi o WiMAX). En este último caso existen varias soluciones que tienen como objetivo ayudar al UE en el descubrimiento y la selección de la tecnología apropiada, así como el tráfico de reencaminamiento hacia el núcleo la red de paquetes o hacia la Internet pública. Ejemplos de tales soluciones son ANDSF [10], I-WLAN [11] e IEEE 802.11u [12]. Ninguna de estas soluciones está considerando actualmente la carga de célula como entrada para la selección de tecnología.

35 Además, el creciente interés en redes heterogéneas (conocidas comúnmente como "HetNet") compuestas de una mezcla de macro, micro, pico y/o femtocélulas en frecuencias iguales o diferentes, introduce desafíos adicionales para el direccionamiento eficaz de tráfico. Además de los problemas de interferencia y movilidad aumentados [13], los mecanismos de equilibrado de carga eficaces exigen un intercambio de información ágil entre capas diferentes, lo que en muchos casos puede ser muy complicado debido a la ausencia de una interfaz directa entre células. Como ejemplo, las femtocélulas de LTE *Release* 8 que funcionan en la región de cobertura de una macrocélula carecen de una interfaz X2 apropiada con el macro eNodeB, por tanto el intercambio de información de carga tendrá probablemente una gran latencia. Otros mecanismos de coordinación de recursos basados en el tiempo, tales como los basados en las denominadas subtramas casi en blanco (ABS), permiten una estimación indirecta de la carga en las células de LTE. Sin embargo, se basan en la LTE *Release* 10 y requieren una sincronización estricta entre

capas, así como una señalización X2 apropiada.

Otra solución es la propuesta en la patente US 7941155 B2 que implica información de carga de difusión de las células vecinas, de modo que los terminales pueden aprovechar esta información para las reselecciones y trasposos de célula. La información de carga de célula debe, por tanto, intercambiarse entre los nodos relevantes con el fin de incorporarse en la información de lista de los vecinos. Si las células pertenecen a tecnologías de acceso de radio diferentes, el intercambio de información de carga puede ser un problema importante. Además, tal intercambio de información requiere mejorar las interfaces relevantes, que en muchos casos no se diseñaron para soportar esa característica. La información de carga de células vecinas actualizada requiere una cantidad significativa de intercambio de señalización, que puede sobrecargar fácilmente las interfaces correspondientes. También se han propuesto soluciones en el transcurso de la comunicación para el intercambio de información de carga, pero siguen sin ser interoperables a menos que se introduzcan cambios fundamentales en todos los nodos en consideración tal como propone la solicitud de patente US 2011/0038431 A1.

Otra solución es la propuesta en la solicitud de patente EP 2373107 A1 que proporciona un método de funcionamiento de una red celular. En dicho método se recibe información de carga desde una segunda estación base en una estación móvil que indica una carga situada en los recursos de la segunda estación base. Se comunica una indicación de carga basándose en la información de carga recibida desde la estación móvil a una primera estación base. Esta solución por lo tanto realiza un intercambio de indicadores de carga de célula entre las estaciones base mediante conexiones de enlace de retroceso, sin embargo, no estima, mediante el UE, la carga de célula de un equipo de usuario servidor de estación base o de un conjunto de células de red analizando la carga de interfaz área de enlace descendente.

En otra solución, las señales indicadoras de carga se transmiten por las células de modo que el UE pueda recibirlas con el fin de determinar una métrica de potencia de transmisión adecuada para la coordinación de interferencia entre células tal como se propone en el documento US 2011/0222416 A1. Esta métrica de potencia puede proporcionarse a una estación base servidora, que puede asignar recursos de enlace ascendente basándose en la métrica de potencia de transmisión. Esta solución, por tanto, utiliza las indicaciones de carga con el fin de controlar la interferencia con/desde nodos vecinos, sin embargo, no va dirigida a cualquier técnica de equilibrado de carga eficaz que aproveche las indicaciones de carga de célula.

También es importante comentar el interés en controlar las políticas de direccionamiento de tráfico desde una perspectiva del operador, haciéndolo dependiente no solo de la carga de célula sino también de determinadas situaciones (como, por ejemplo, la aparición de eventos especiales, hora del día, situaciones de emergencia, etc.).

Sumario de la invención

El objeto de la presente invención es proporcionar un mecanismo de informe de carga de célula para su aplicación en cualquier tecnología inalámbrica, especialmente destinado para escenarios en los que el intercambio de información de carga entre nodos de red pueda representar un problema importante, introduciendo cambios tanto en nodos de acceso de radio (estaciones base y/o controladores de red de radio) como en los terminales de usuario, que tienen como objetivo permitir mecanismos de equilibrado de carga de célula eficaces.

Para ello, la presente invención se refiere a un método para la implementación de un mecanismo de equilibrado de carga de célula para redes inalámbricas, usado comúnmente en el campo, que comprende:

- al menos un terminal de usuario, UE, inalámbrico conectado a través de una red inalámbrica a una estación base servidora; y
- una pluralidad de células de red, comprendiendo, cada una, una estación base.

A diferencia de las propuestas conocidas, dicho al menos un terminal de usuario inalámbrico realiza las siguientes acciones:

- estimar las cargas de célula de la estación base servidora y de la pluralidad de células de red analizando una carga de interfaz aérea de enlace descendente;
- proporcionar a dicha red inalámbrica información acerca de la estimación de carga de célula real de dicha pluralidad de células, y
- realizar una selección de célula de red basándose en dichas cargas de célula estimadas, en el que dicha selección de célula de red se realiza sin ningún intercambio de indicadores de carga de célula entre dicha pluralidad de células de red.

En el caso de células de acceso múltiple por división de código de banda ancha, WCDMA, la carga de interfaz aérea de enlace descendente se estima basándose en la máxima potencia de TX disponible en la célula, denominada como MAX_TX_POWER, incluyéndose dicha potencia de TX disponible como parte de cualquier bloque de

información de sistema relevante transmitido en un canal de difusión o creado dentro de uno nuevo de dichos bloques de información de sistema. En particular, la estimación de la carga de interfaz aérea de enlace descendente

$$L = \frac{P_{TX}}{MAX_TX_POWER}$$

L se proporciona mediante: en la que P_{TX} indica la potencia de transmisión total según se deriva de las potencias recibidas para cada uno de los códigos de canalización i , $P_{i,RX}$, y la pérdida de trayectoria estimada PL a través de las ecuaciones:

$$P_{TX}(dBm) = \sum_i P_{i,RX}(dBm) + PL(dB)$$

$$PL(dB) = P_{CPICH,TX}(dBm) - P_{CPICH,RX}(dBm),$$

10 donde $P_{CPICH,TX}$ indica la potencia transmitida del canal piloto común, CPICH, según se difunde por la célula de red, y $P_{CPICH,RX}$ es la potencia de CPICH recibida.

En el caso de las células de la evolución a largo plazo, la carga de la interfaz aérea de enlace descendente se estima basándose en un número promediado de elementos de recurso ocupados en una subtrama, particularmente

$$L = \frac{N_{REs,ocupado}}{N_{REs,total}},$$

15 dicha estimación de la carga de interfaz aérea de enlace descendente L se proporciona mediante:

donde $N_{RE,ocupado}$ indica el número de elementos de recurso ocupados, $N_{RE,total}$ indica el número global de elementos de recursos disponibles en la célula de red, y los elementos de recursos se consideran que están ocupados basándose en la potencia detectada que es superior a un umbral definido.

20 Según una realización, se realiza una selección adicional denominada reselección por dicho al menos un UE inalámbrico.

La selección y reselección de célula se realizan por dicho al menos un UE inalámbrico que está en modo inactivo.

25 De acuerdo con algunas realizaciones, un informe de carga de células vecinas que contiene las estimaciones de carga de célula de la pluralidad de células de red se envía también mediante el UE inalámbrico a la estación base servidora tras introducir, dicho al menos un UE inalámbrico, en modo conectado, o tras solicitar desde dicha estación base servidora, o tras haber enviado una estación base servidora anterior, un orden de traspaso a dicho al menos un UE inalámbrico hacia dicha estación base servidora, o en cualquier momento cuando dicho al menos un UE inalámbrico está en modo conectado.

También, la estimación de carga de célula de cada una de dicha pluralidad de células de red tiene la forma de un número entero de 0 a 100 que representa una estimación combinada de la carga de la célula.

35 La selección de célula se realiza incorporando criterios de umbral de carga de célula, y evitando, el al menos un UE inalámbrico, la selección de otros candidatos de célula si la carga de célula estimada está por encima de dichos criterios de umbral.

40 Por otro lado, la reselección de célula se realiza mediante el siguiente criterio:

$$\left. \begin{aligned} R_s &= 10 \log \left[f(Q_{med,s}) \times (1 - L_s / 100) \right] + Q'_{hyst,s} \\ R_n &= 10 \log \left[f(Q_{med,n}) \times (1 - L_n / 100) \right] + Q'_{off,n} \end{aligned} \right\} \Rightarrow$$

45 donde: dicho UE inalámbrico elige la célula con valor de R más alto, y: f representa cualquier curva de caudal de enlace descendente tomada como referencia para la tecnología que está considerándose; L_s y L_n son las cargas de célula en las células servidora y vecina; y $Q_{med,s}$ y $Q_{med,n}$ se basan en la calidad de señal con el fin de aplicar la curva de caudal.

50 Finalmente, la estación base servidora y dicha al menos una estación base vecina pueden pertenecer a la misma o a una frecuencia diferente y/o a la misma o a una tecnología de acceso de radio diferente.

Breve descripción de los dibujos

Las anteriores y otras ventajas y características se entenderán más completamente a partir de la siguiente

descripción detallada de realizaciones, con referencia a los dibujos adjuntos, que deben considerarse de una manera ilustrativa y no limitativa, en los que:

- 5 La figura 1 es una ilustración de una situación de movilidad en modo inactivo.
 Las figuras 2, 3 y 4 son diagramas que muestran los aspectos principales de la presente invención, según una realización.
 La figura 5 es una representación del concepto de información de carga de célula de difusión y del informe de carga de las células vecinas.
 10 La figura 6 es una ilustración del proceso de selección de célula propuesto en un ejemplo con tres células candidatas.
 La figura 7 es un diagrama de flujo que ilustra el procedimiento propuesto para reselecciones intra-frecuencia, según una realización.
 La figura 8 es un diagrama de flujo que ilustra el procedimiento propuesto para reselecciones entre frecuencias/RAT, según una realización.
 15 La figura 9 es una representación de un posible informe de carga de las células vecinas.
 La figura 10 es una representación de una estimación de carga de célula en células de WCDMA.
 La figura 11 es una representación de una posible estructura para la estimación de carga de célula de enlace descendente en células de WCDMA, según una realización.
 La figura 12 representa una posible implementación de la invención propuesta, según una realización, en un escenario que comprende tres estaciones base (BS1, BS2 y BS3) y un terminal de usuario (UE).
 20 La figura 13 representa otra posible implementación de la invención propuesta, según una realización, donde las estaciones base no difunden sus propias indicaciones de carga de célula y el UE intenta estimar las cargas de célula de interfaz aérea del enlace descendente.

25 **Descripción detallada de varias realizaciones**

La presente invención propone un método para la implementación de un mecanismo de equilibrado de carga de célula para redes inalámbricas (tal como 3GPP UMTS, HSPA o LTE, pero no excluye otras tecnologías de acceso inalámbrico). La invención tiene la ventaja de no requerir el intercambio de información de carga entre nodos de red, lo que representaría un problema importante para un mecanismo de equilibrado de carga entre RAT general.

30 La invención propuesta introduce cambios en los nodos de acceso (es decir, estaciones base y/o controladores de red de radio) así como cambios en los terminales de usuario. Los cambios en las células no implican interacción entre las mismas, ni requieren intercambio de información de carga de célula ni ninguna mejora de las interfaces correspondientes. La interoperabilidad se garantiza así dado que los cambios propuestos se realizan sobre los nodos de red y terminales relevantes, actuando los últimos como nodos de anclaje para el intercambio de carga de célula.

40 Los principales cambios propuestos son los siguientes:

- 45 1. Las estaciones base que pertenecen a cada una de las RAT implicadas difundirán una indicación de carga de célula, en forma de un número entero de 0 a 100 que representa una medida de carga de célula promedio combinada. Esta indicación puede incluirse como parte de cualquier bloque de información de sistema (SIB) relevante transmitido en un canal de difusión (tal como BCCH en UMTS y LTE), pero cualquier otro mecanismo también es adecuado siempre que pueda leerse por cualquier UE en las proximidades de esa célula. Los UE en modo inactivo realizarán entonces la selección y reselección de célula con la ayuda de tales indicaciones de carga de célula. Por tanto, en lugar de una estrategia de selección y reselección de célula basada en señal pura, el UE puede realizar una estrategia de equilibrado de carga adecuada teniendo en cuenta las cargas de célula correspondientes. Si no se encuentra información de carga de célula como parte del canal de difusión, el UE puede estimar la carga de célula haciendo uso de procedimientos en el transcurso de la comunicación (OTA) basados en el análisis de las señales recibidas.
- 50 2. Cuando el UE entra en modo conectado enviará un informe de carga de célula que contiene las indicaciones de carga de las células vecinas leídas de los canales de difusión (o estimadas en el transcurso de la comunicación). La célula servidora puede, por tanto, tener esta en cuenta información para procedimientos de equilibrado de célula eventuales.
- 55 3. Las indicaciones de carga de célula vecina también se incluirán como parte de los informes de medición desencadenados por evento en modo conectado, para que la célula servidora pueda tenerlos en cuenta para traspasos. Las indicaciones de carga de célula pueden leerse a partir del canal de control de difusión correspondiente, o como alternativa, el UE puede realizar una estimación de carga basada en OTA.
- 60 4. Cuando la célula servidora envía una orden de traspaso a un UE, y con el fin de evitar efectos de ping-pong, la célula objetivo también debe ser consciente de las indicaciones de carga de las células vecinas para evitar un direccionamiento posterior del usuario hacia una célula diferente. El intercambio de información de carga de célula puede ser un problema importante si las células pertenecen a tecnologías de acceso de radio diferentes, o si las interfaces no soportan esa característica. Para superar esto, tras finalizar el traspaso, el UE enviará un

informe de carga de célula a la nueva célula servidora de modo que también sea consciente de las condiciones de carga de célula en la vecindad. Los efectos de ping-pong se evitan así si los trasposos posteriores tienen en cuenta esta información.

5 5. A medida que la carga de célula cambia a lo largo del tiempo, la célula servidora puede pedir al terminal que proporcione información de carga de las células vecinas en cualquier momento cuando el UE está en modo conectado. De esta forma la célula servidora puede realizar un seguimiento de la carga de las células vecinas para posibles trasposos incluso en condiciones de señal buenas.

10 El diagrama en la figura 2 representa uno de los aspectos del concepto de la presente invención. Se difunden indicaciones de carga de célula desde la célula servidora (L1) y una o más células vecinas (L2, L3, L4), y el UE realiza la selección y reelección en modo inactivo basándose en estos valores de carga así como niveles de señal (en la figura, se representa una reelección a BS2 como ejemplo). Si no se encuentra información de difusión de carga de célula por el UE, puede estimarla mediante un análisis adecuado de la señal de interfaz aérea del enlace descendente.

15 La figura 3 representa otro aspecto de la presente invención. El UE envía un informe de la carga de las células vecinas a la estación base servidora, que contiene las indicaciones/mediciones de carga de célula de las células vecinas tal como se observa por el UE. Este informe se envía tras entrar en modo conectado, como parte de los informes de medición desencadenadas por evento (que forman la base para trasposos eventuales), y opcionalmente tras solicitarse desde la estación base servidora (representada en líneas discontinuas).

20 La figura 4 representa aún otro aspecto de la presente invención. Tras un trasposo satisfactorio, el UE envía un informe detallado de carga de las células vecinas a la nueva estación base servidora. Por tanto, la nueva célula servidora es consciente de las indicaciones de carga de célula en las células vecinas que (posiblemente) provocaron un trasposo desde la célula servidora antigua a la nueva.

25 La información de carga de célula descrita puede actualizarse de una forma completamente dinámica por los nodos de acceso relevantes o de forma semiestática por el sistema y soporte de operaciones (OSS). Esta indicación será una combinación adecuada de las siguientes indicaciones de carga de célula:

- 30
- La carga de célula de interfaz aérea de enlace descendente, es decir una indicación de la carga de célula de interfaz aérea en el enlace descendente. La medición de carga de célula depende de la tecnología considerada.
 - La carga de célula de interfaz aérea de enlace ascendente, es decir una indicación de la carga de célula de interfaz aérea en el enlace ascendente, que depende de nuevo de la tecnología.
 - 35 ○ Carga de célula de procesamiento, que representa una indicación global de los recursos de procesamiento usados en la célula. Esta indicación es específica de la implementación y debe tener en cuenta las capacidades de hardware y software reales de los equipos de red.
 - La carga de enlace de retroceso, es decir una indicación de la cantidad de recursos ocupados en la interfaz con respecto al resto de la red. Como ejemplo, debe ser una medida de los recursos ocupados en la interfaz S1 para una célula de LTE, o en la interfaz lub para una célula de UMTS/HSPA.
- 40

45 La principal ventaja de la invención propuesta es que no es necesario intercambiar información de señalización entre los nodos de red, actuando el terminal como nodo de anclaje para el intercambio de información de carga real. Además, también es responsable de decisiones de reelección de célula basadas en la indicación de carga difundida. La propia carga de célula puede estimarse fácilmente en la estación base, mientras que la carga de las células vecinas puede extraerse de los informes de los UE. Por tanto, puede lograrse un esquema de equilibrado de carga eficaz con la interacción entre los UE y los nodos de acceso, independientemente de la tecnología de acceso de radio. Adicionalmente, los UE en modo inactivo pueden realizar la selección y reelección de célula según las indicaciones de carga de célula, con el fin de reducir el número posible de trasposos tras entrar en modo conectado.

50 La indicación de carga de difusión puede controlarse por el operador de forma dinámica con el fin de forzar políticas de equilibrado específicas. Por ejemplo, con situaciones de congestión el OSS puede configurar células específicas con una indicación de carga de célula alta, con el fin de obligar a los terminales a moverse hacia otras células si es posible.

55 Difusión de información de carga de célula:

60 El método para difundir información de carga de célula no es completamente nuevo; forma parte del estado de la técnica. Aunque ya existen algunas propuestas para difundir información de carga de célula, es necesario explicar la difusión de información de carga de célula con el fin de entender todo el proceso de la presente invención.

Con el fin de incorporar información de carga de célula como entrada adicional para procedimientos de radio de movilidad básicos, se propone incluir la propia información de carga de célula en un mensaje de difusión. Este mensaje puede incluirse en cualquiera de los bloques de información de sistema (SIB) existentes en redes de 3GPP,

o crearse dentro de un nuevo SIB, sin excluir ningún otro procedimiento adecuado. El objetivo de esta información de carga es doble:

- 5 ○ La información de control de difusión puede decodificarse por los terminales con el fin de leer las indicaciones de carga de célula. Esto puede ser muy útil cuando se realiza una selección y reelección de célula, ya que los terminales pueden tener en cuenta no solo los niveles de señal recibidos (tal como se especifica habitualmente) sino también sus indicaciones de carga de célula. Esto impide a los usuarios acampar en células altamente cargadas, lo que daría como resultado valores de caudal deficientes debido a la congestión tras entrar en modo conectado.
- 10 ○ Los nodos de acceso (estaciones base y/o controladores de red de radio) también pueden obtener información de carga de las células vecinas usando los terminales como puntos de anclaje para el intercambio de información de carga. Esta información de carga puede notificarse por los UE como parte de los informes de medición (en modo conectado) o tras solicitarse desde la red. Adicionalmente, y con el fin de impedir efectos de ping-pong, las indicaciones de carga de las células vecinas también se notificarán por los UE a la nueva célula servidora tras haber tenido lugar un traspaso.

El concepto de la difusión de información de carga de célula se representa en la figura 5. La estación base servidora BS1 difunde su indicación de carga de célula a través de un canal de difusión adecuado, así como las células vecinas BS2 y BS3. El UE lee todas las indicaciones de carga de célula y realiza una estrategia de selección/reselección de célula adecuada teniendo en cuenta las indicaciones de carga de célula. Además, el UE envía un informe de carga de las células vecinas a la célula servidora, que contiene las indicaciones de carga de las células vecinas cuando entran en modo conectado o como parte de los informes de medición. Si la red ordena un traspaso a una célula servidora diferente, el UE también enviará un informe de carga de las células vecinas adecuado a la nueva célula servidora para tener en cuenta esta información.

25 Cuando el terminal busca posibles candidatos con el fin de realizar la selección y reelección de célula en modo inactivo, puede decodificar la información de sistema relevante de las células con mayor intensidad, obteniendo por tanto las indicaciones de carga de célula señalizadas. Con la ayuda de esta información, el UE puede incorporar este criterio para la acampada y reelección de célula de modo que una célula menos cargada pueda favorecerse frente a una más cargada, incluso si la calidad de señal en el primer caso es peor que en el último caso. No es necesario que los UE en modo inactivo notifiquen ninguna medición a la red, por tanto no existen requisitos particulares como en modo conectado [5] [14].

35 Si no se difunde ninguna indicación de carga de célula por una célula dada, el UE también puede estimar la carga de célula de interfaz aérea a través de un análisis apropiado de la señal recibida. La exactitud de esta estimación depende, entre otros factores, de la tecnología considerada, la SINR de la célula objetivo, el tiempo tomado para las mediciones y el patrón de recepción discontinua (DRX) (si se aplica).

40 La información de carga de célula propuesta será un número entero de 0 a 100 que representa una medida combinada de la carga de célula tal como se explica a continuación.

Cálculo de carga de célula por los nodos de acceso:

45 Tal como se indicó anteriormente, este cálculo de carga de célula realizado por los nodos de acceso no es completamente nuevo, forma parte del estado de la técnica, pero la presente invención lo introduce porque es necesario con el fin de entender todo el proceso.

50 La indicación de carga de célula debe combinar al menos los siguientes indicadores. La combinación puede basarse en cualquier estrategia útil que dependa de implementaciones reales.

1. Factor de carga de interfaz aérea de enlace descendente. Esta cantidad representa una medida de la utilización de recursos de interfaz aérea de enlace descendente, que depende de la tecnología de acceso de radio.

55 Como ejemplo, para células de WCDMA puede obtenerse una estimación exacta del factor de carga de interfaz aérea η_{DL} a partir de la relación de la potencia de transmisión total dividida entre la máxima potencia de transmisión disponible en el nodo B:

$$\eta_{DL} = \frac{\sum_{i=1}^{N_{DL}} P_{TX,i}}{P_{MAX}}$$

En este caso $P_{TX,i}$ indica la potencia de transmisión reservada para el código de canalización i , N_{DL} es el número de códigos de canalización de enlace descendente en uso en la célula, y P_{MAX} representa la máxima potencia de transmisión disponible.

- 5 Es importante observar que esta relación de potencia no facilita una medida de cómo de cerca está el sistema de la capacidad de polo [14]. La capacidad de polo también depende de la potencia de interferencia más ruido térmico recibida en los terminales, y cuando el sistema se aproxima al polo, se requerirían potencias de enlace descendente infinitas para mantener el objetivo de calidad para todos los usuarios. Esta situación debe evitarse ya que el sistema se vuelve inestable. Suponiendo que se ha diseñado correctamente de modo que el polo nunca se alcanza, el propósito del factor de carga de enlace descendente descrito es estimar cómo de cerca está la célula de su capacidad máxima.

15 Como otro ejemplo, para células de LTE el factor de carga de interfaz aérea de enlace descendente puede obtenerse a partir del número promedio de bloques de recurso ocupados:

$$\eta_{DL} = \frac{\sum_i N_{PRB,DL}^i + N_{PRB,DL}^{control}}{N_{PRB,DL}^{TOTAL}}$$

20 donde $N_{PRB,DL}^i$ indica el número de bloques de recurso físico (PRB) de enlace descendente reservados para el usuario i , $N_{PRB,DL}^{control}$ es el número de PRB de enlace descendente reservados para canales de control y señales físicas, y $N_{PRB,DL}^{TOTAL}$ es el número total disponible de PRB de enlace descendente según el ancho de banda del sistema.

2. Factor de carga de interfaz aérea de enlace ascendente. Esta cantidad representa la medida análoga para la interfaz aérea de enlace ascendente.

- 25 En WCDMA el factor de carga puede definirse a partir de la denominada elevación sobre ruido térmico (RoT), una cantidad que representa la relación de potencia de interferencia dividida entre la potencia de ruido térmico en el nodo B:

$$RoT = \frac{\sum_{i=1}^{N_{UL}} P_{RX,i} + I_{otro} + P_N}{P_N}$$

30 donde $P_{RX,i}$ indica la potencia recibida de enlace descendente del usuario i en la estación base, N_{UL} es el número de usuarios de enlace ascendente activos, I_{otro} es la interferencia de enlace ascendente de otras células y P_N es el ruido térmico. El factor de carga de interfaz aérea se define por tanto como:

$$\eta_{UL} = 1 - \frac{1}{RoT} = \frac{\sum_{i=1}^{N_{UL}} P_{RX,i} + I_{otro}}{\sum_{i=1}^{N_{UL}} P_{RX,i} + I_{otro} + P_N}$$

- 35 Cuando el factor de carga se aproxima a la unidad, la elevación sobre ruido térmico tiende a infinito y el sistema se vuelve inestable. El sistema no debe, por tanto, aproximarse a la capacidad de polo. En enlace ascendente no siempre es posible garantizar esto ya que el número de usuarios de enlace ascendente es en principio infinito (por tanto, la RoT); por tanto deben existir estrategias de control de admisión apropiadas con el fin de mantener la RoT por debajo de un umbral dado.

40 Para las células de LTE el factor de carga es análogo al caso de enlace descendente:

$$\eta_{UL} = \frac{\sum_i N_{PRB,UL}^i + N_{PRB,UL}^{control}}{N_{PRB,UL}^{TOTAL}}$$

donde $N_{PRB,UL}^i$ indica el número de bloques de recurso físico (PRB) de enlace ascendente reservados para el usuario i , $N_{PRB,UL}^{control}$ es el número de PRB de enlace ascendente reservados para canales de control y señales físicas, y $N_{PRB,UL}^{TOTAL}$ es el número total de PRB de enlace ascendente disponibles según el ancho de banda del sistema.

Tanto las cargas de célula de interfaz aérea de enlace descendente como de enlace ascendente deben promediarse a lo largo del tiempo con el fin de filtrar variaciones de carga espurias debido a características de canal que se desvanecen o tráfico en ráfagas.

3. Carga de célula de procesamiento. Esta cantidad mide la cantidad de recursos de hardware, CPU y de procesamiento que están en uso por la célula. La carga de célula de procesamiento debe depender de implementaciones reales, que incluyen, por ejemplo, uso de CPU total, capacidades de hardware o la máxima tasa de transmisión de datos soportada internamente.

4. Carga de enlace de retroceso. Esta cantidad mide los recursos ocupados en la(s) interfaz/interfaces relevante(s) con respecto a otros nodos de red principal o de acceso de radio, tal como S1 para estaciones base de LTE o Iub para estaciones base de WCDMA.

La combinación de las cuatro indicaciones de carga de célula puede basarse en cualquier implementación particular. La indicación de carga de célula resultante debe ser un número entero en el intervalo de 0 a 100 que representa el porcentaje de recursos usados.

Selección y reelección de célula basadas en carga de célula:

Los UE en modo inactivo pueden aprovechar las indicaciones de carga de célula tanto de células servidoras como de vecinas para propósitos de selección y reelección. Si no se encuentra ninguna indicación de carga de célula en la información de difusión de una célula dada, el UE puede estimarla en determinadas circunstancias tal como se explica en los siguientes párrafos.

Si el terminal incorpora las cargas de las células servidoras y vecinas como entradas para la selección y reelección de célula (además de los niveles de señal recibidos), se consigue así un mecanismo de equilibrado de carga en modo inactivo simple pero eficaz. Incluso si no está proporcionándose tráfico al UE, los procedimientos de señalización en modo inactivo (tal como actualizaciones de área de encaminamiento y ubicación de UMTS, o actualizaciones de área de seguimiento de LTE) pueden consumir recursos significativos en células altamente cargadas. De manera similar, cuando los macrousuarios están reeleccionando con frecuencia a una femtocélula de acceso abierto con un indicador de área de encaminamiento/área de ubicación diferente, los mensajes de actualización de área de encaminamiento/área de ubicación resultantes pueden ser muy perjudiciales. La información de carga puede, por tanto, considerarse como entrada adicional para propósitos de selección y reelección de célula.

Según 3GPP [7] [8], el terminal puede no realizar mediciones de las células vecinas si la señal de servicio está por encima de un determinado nivel (concretamente $S_{intra\text{búsqueda}}$ para mediciones de intrafrecuencia y $S_{inter\text{búsqueda}}$ para mediciones entre frecuencias), basándose en las siguientes relaciones:

$$S_{rxniv} = Q_{rxnivmed} - (Q_{rxnivmin} + Q_{rxnivmin\text{desplazamiento}}) - P_{compensación}$$

$$S_{cal} = Q_{calmed} - (Q_{calmin} + Q_{calmin\text{desplazamiento}})$$

donde $Q_{rxnivmed}$ es el valor de nivel de RX de célula medido, Q_{calmed} es el valor de calidad de célula medido, $Q_{rxnivmin}$ es el nivel de RX requerido mínimo, Q_{calmin} es el nivel de calidad requerido mínimo, $Q_{rxnivmin\text{desplazamiento}}$ y $Q_{calmin\text{desplazamiento}}$ son desplazamientos tenidos en cuenta cuando se acampa en una VPLMN, y $P_{compensación}$ tiene sentido en situaciones en las que la máxima potencia de transmisión en el UE es superior a la facilitada por la clase de potencia del terminal.

El valor de nivel de RX de célula medido y el valor de calidad de célula dependen de la tecnología considerada. En UMTS se definen como la RSCP de CPICH y E_c/N_o , respectivamente [8]. En LTE se miden a lo largo de las señales de referencia de la célula a través de RSRP y RSRQ, respectivamente [7].

Pueden definirse muchos algoritmos para tener en consideración la carga de célula. Las siguientes secciones describen posibles algoritmos de selección y reelección de célula basados en información de carga de célula.

5 Selección de célula basada en información de carga de célula:

Los criterios definidos por 3GPP para selección de célula tanto de UMTS como de LTE son:

$$S_{rxniv} > 0 \text{ AND } S_{cal} > 0 \Rightarrow \text{acampar en la célula}$$

10 No se tiene en cuenta información de carga. Estas condiciones se conocen como el criterio S para la potencia y calidad recibidas, respectivamente [5].

15 Una posible modificación sería incorporar los siguientes criterios de carga de célula, que indican $L_{servicio}$ como la carga de célula y $L_{servicio,máx}$ como la carga de célula máxima permitida:

$$S_{rxniv} > 0 \text{ AND } S_{cal} > 0 \text{ AND } L_{servicio} < L_{servicio,máx} \Rightarrow \text{acampar en la célula}$$

20 Por tanto, si la carga de célula está por encima de un determinado umbral, el terminal determina que la célula está altamente cargada y evalúa otras células candidatas. Este umbral también puede difundirse por la célula haciendo uso de un bloque de información de sistema adecuado o cualquier otro procedimiento. La figura 6 representa una realización del proceso de selección de célula propuesto en un ejemplo con tres células candidatas.

25 Tras acampar en la célula, y si ha transcurrido más de un segundo, el terminal puede realizar mediciones de las células vecinas que tienen como objetivo posibles reelecciones de célula con el fin de encontrar células más adecuadas [14] [5]. Las reelecciones de célula intrafrecuencia deben diferenciarse de las reelecciones de célula entre frecuencias/RAT, tal como se explica a continuación.

Reselección de célula intrafrecuencia basada en información de carga de célula:

30 Para la reelección de célula a la misma frecuencia, y si ha transcurrido más de un segundo desde la última selección/reselección de célula, 3GPP define que no pueden tomarse mediciones vecinas por el UE si se cumplen las siguientes condiciones:

$$35 \left. \begin{array}{l} S_{rxniv} > S_{int \text{ rabúsqueda},P} \\ S_{cal} > S_{int \text{ rabúsqueda},Q} \end{array} \right\} \Rightarrow \text{no realizar mediciones de vecinas}$$

donde $S_{intrabúsqueda,P}$ y $S_{intrabúsqueda,Q}$ son umbrales de potencia y calidad para la reelección de célula intrafrecuencia, respectivamente. Si no se cumple ninguna de las anteriores, el UE realizará mediciones de célula vecina.

40 Es posible cambiar estas reglas de la siguiente forma:

$$\left. \begin{array}{l} S_{rxniv} > S_{int \text{ rabúsqueda},P} \\ S_{cal} > S_{int \text{ rabúsqueda},Q} \\ L_{servicio} < L_{servicio,máx} \end{array} \right\} \Rightarrow \text{no realizar mediciones de vecinas}$$

45 Por tanto, únicamente cuando la carga de célula servidora está por debajo de un umbral $L_{servicio,máx}$, las mediciones de célula vecina pueden no realizarse. Si la carga de célula supera $L_{servicio,máx}$ el UE considerará otras células para la reelección.

50 Para acelerar el proceso, se proporciona una lista de células vecinas por la estación base en UMTS y LTE, aunque en el último caso esta lista es únicamente opcional. Los terminales de LTE deben entonces poder descubrir nuevas células incluso en ausencia de una lista de células vecinas facilitada.

55 Dadas varias células detectadas con sus niveles de potencia de RX y calidad correspondientes, el terminal comprueba la accesibilidad para cada una de las mismas y compara las células usando un criterio de clasificación. Esta clasificación puede basarse en los niveles de potencia de RX o los niveles de calidad. La reelección de célula tiene lugar así hacia la célula de clasificación más alta, es decir la célula con el nivel de potencia o nivel de calidad recibido más alto, siempre que se cumpla una calidad mínima para la señal de sincronización [5]. Dada una célula servidora y varias células vecinas, el criterio R tal como se define en las normas de 3GPP viene dado por las

cantidades [6] [8]:

$$\left. \begin{aligned} R_s &= Q_{med,s} + Q_{hyst,s} \\ R_n &= Q_{med,n} + Q_{off,n} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \text{elegir la célula con R más alto}$$

5 donde $Q_{med,s}$ y $Q_{med,n}$ representan las cantidades medidas para células servidoras y vecinas respectivamente (potencia de RX o nivel de calidad), y $Q_{hyst,s}$, $Q_{off,n}$ son desplazamientos introducidos para evitar efectos de ping-pong entre células. Dado un valor R_s para la célula servidora y uno o varios valores R_n para las células vecinas, el terminal reselectiona a la célula vecina que tiene el valor R_n más alto durante un tiempo $T_{reselection}$ (también difundido por la célula) dado que está por encima del valor de servicio R_s .

10 En esta invención, se propone usar un criterio diferente para la reselection de célula. Dado que el terminal puede leer las indicaciones de carga de célula de cada una de las células vecinas (o, si no se difunde ninguna indicación de célula, para estimar la carga de célula de interfaz aérea de enlace descendente), el criterio R se define de nuevo como:

$$\left. \begin{aligned} R_s &= 10 \log \left[f(Q_{med,s}) \times (1 - L_s / 100) \right] + Q'_{hyst,s} \\ R_n &= 10 \log \left[f(Q_{med,n}) \times (1 - L_n / 100) \right] + Q'_{off,n} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \text{elegir la célula con R más alto}$$

15 donde f representa cualquier curva de caudal de enlace descendente tomada como referencia para la tecnología que está considerándose, y L_s y L_n son las cargas de célula en células servidoras y vecinas (facilitadas en %). Las cantidades $Q_{med,s}$ y $Q_{med,n}$ se basarán en calidad de señal (no potencia) con el fin de aplicar la curva de caudal. Los desplazamientos $Q'_{hyst,s}$, $Q'_{off,n}$ en general pueden ser diferentes a $Q_{hyst,s}$, $Q_{off,n}$.

20 La curva de caudal puede ser una curva de tipo Shannon tal como la considerada en 3GPP para evaluaciones a nivel de sistema [15]. Sin embargo, también es posible cualquier otra curva de caudal. El objetivo de la curva f es evaluar el caudal hipotético que se obtendría cuando se tiene en cuenta la información de carga de célula, y basar la clasificación en el resultado de ese cálculo (además de los desplazamientos mencionados anteriormente). Por tanto, las células de carga inferior con niveles de señal deficientes pueden conseguir una clasificación más alta que células de carga superior con mejores niveles de señal. Es importante observar que el caudal obtenido de la curva f es ficticio puesto que aún no ha tenido lugar ninguna conexión. Sin embargo, sirve como comparación entre células, proporcionando una indicación de qué rendimiento se obtendría si el UE reselectionara esa célula.

25 También es aconsejable considerar un nivel de calidad mínimo para la reselection, es decir solo debe detectarse la célula clasificada más alta si su nivel de calidad está por encima de un determinado límite aparte de la carga de célula.

30 La figura 7 representa una realización del procedimiento propuesto para reselections intrafrecuencia. El ciclo de DRX representado en líneas discontinuas representa la capacidad del terminal para esperar en modo inactivo, apagando su receptor para ahorrar batería activándose solo en momentos específicos dependiendo del ciclo de DRX [5]. Después de evaluar el criterio S de la célula servidora y la carga de célula, si las tres condiciones especificadas en la figura se cumplen, el UE sigue acampado en la célula servidora. De lo contrario, el UE realiza mediciones de célula vecina y evalúa si hay otra célula para la cual el valor R sea mayor que en la célula servidora. Si es así, el UE reselectiona a la célula que tiene el valor R más alto (R_n); de lo contrario el UE sigue acampado en la célula servidora actual.

35 También son posibles otros criterios para la clasificación de células basándose en la carga de célula, siempre que las indicaciones/mediciones de carga de célula se incluyan en los cálculos de cualquier manera adecuada. También son posibles variaciones de los criterios de clasificación propuestos anteriormente dependiendo de la tecnología real considerada.

40 Reselection de célula entre frecuencias/RAT basada en información de carga de célula:

45 En LTE (y UMTS después de *Release 8*) se definen reglas de medición basadas en prioridad para reselections de célula entre frecuencias/RAT. Las frecuencias de prioridad superior siempre deben medirse por el UE, mientras que las frecuencias de prioridad inferior solo se miden cuando la calidad de la célula servidora es inferior a un umbral dado ($S_{nointrabúsqueda}$). La reselection de célula para frecuencias de prioridad superior se basa en el criterio S, si las cantidades de S objetivo son superiores a un umbral dado (en potencia o calidad) durante un tiempo $T_{reselection}$ [5]. Para frecuencias de prioridad inferior, las reselections dependen de los niveles de señal de servicio así como los de objetivo.

Se proponen cambios de las reglas de medición según los siguientes criterios: las frecuencias de prioridad superior/RAT siempre se medirán, pero las frecuencias de prioridad inferior se medirán cuando no se cumpla cualquiera de las siguientes condiciones:

$$\left. \begin{array}{l} S_{rxniv} > S_{no\ int\ rabúsqueda,P} \\ S_{cal} > S_{no\ int\ rabúsqueda,Q} \\ L_{servicio} < L_{servicio,máx} \end{array} \right\} \Rightarrow \text{no realizar mediciones de entorno.}$$

Por tanto, si la carga de célula servidora está por encima de un umbral $L_{servicio,máx}$ las mediciones tendrán lugar, incluso si se cumple el criterio S especificado.

Después de tomar las mediciones, se propone que las frecuencias de prioridad superior/RAT se reselectionen cuando se cumplen las siguientes dos condiciones para la célula objetivo durante un tiempo $T_{reselection}$:

$$\left. \begin{array}{l} S_{objetivo} > Umbral_{X,Alto} \\ L_{objetivo} < L_{objetivo,máx} \end{array} \right\} \Rightarrow \text{releccionar esa célula.}$$

Por tanto, solo cuando la carga de célula objetivo está por debajo de un máximo $L_{objetivo,máx}$, la reselection puede tener lugar. Los valores S pueden referirse a niveles de potencia de RX o niveles de calidad, según se especifique por la red.

También se propone que las frecuencias de prioridad inferior/RAT se reselectionen cuando se cumplen las siguientes tres condiciones durante un tiempo $T_{reselection}$:

$$\left. \begin{array}{l} S_{servicio} < Umbral_{Servicio,Bajo} \\ S_{objetivo} > Umbral_{X,Bajo} \\ L_{objetivo} < L_{objetivo,máx} \end{array} \right\} \Rightarrow \text{releccionar a esa célula.}$$

Por tanto, solo cuando la carga de célula objetivo está por debajo de un determinado umbral, la reselection puede tener lugar. Los valores S pueden referirse de nuevo a niveles de potencia o calidad dependiendo de la configuración de red deseada.

Si más de una célula objetivo cumple los criterios correspondientes, se establece una clasificación para la selección de la mejor célula. Como en el caso de intrafrecuencia, se propone que se redefina el criterio R como:

$$\left. \begin{array}{l} R_s = 10\log[f(Q_{med,s}) \times (1 - L_s / 100)] + Q'_{hyst,s} \\ R_n = 10\log[f(Q_{med,n}) \times (1 - L_n / 100)] + Q'_{off,n} \end{array} \right\} \Rightarrow \text{elegir la célula con R más alto.}$$

Dado un valor R_s para la célula servidora y uno o varios valores R_n para las células vecinas, el terminal reselectiona a la célula vecina que tiene el valor R_n más alto durante un tiempo $T_{reselection}$ (también difundido por la célula) dado que está por encima del valor de servicio R_s . Los parámetros $Q'_{hyst,s}$, $Q'_{off,n}$ son tal como se definen en el caso de intrafrecuencia, y L_s , L_n se refieren a las cargas de célula servidora y de vecina (en %), respectivamente.

Es importante observar que la curva de caudal f debe depender de la tecnología considerada en el caso de reselection de célula entre RAT, por ejemplo entre UMTS y LTE. El propósito de f es servir como referencia para una decisión de reselection de "nivel de señal + carga de célula" combinada, donde las cargas de célula inferiores podrían ser más favorables (incluso con niveles de señal peores) que células de carga superior. Por tanto, deben usarse curvas de referencia adecuadas para cada tecnología.

Debe observarse que los desplazamientos $Q'_{hyst,s}$, $Q'_{off,n}$ desempeñan un papel muy importante. En su ausencia, el UE siempre reselectionará la célula con la carga inferior (dadas las condiciones para la evaluación de reselection de célula descritas anteriormente), haciéndolo poco práctico cuando una RAT dada siempre está menos cargada que la otra. Estos desplazamientos evitan esta situación y permiten un determinado grado de flexibilidad para el direccionamiento de tráfico hacia una frecuencia/RAT dada (mediante una modificación adecuada a partir del OSS).

La figura 8 representa el procedimiento propuesto para reselectiones entre frecuencias/RAT. Después de realizar el ciclo de DRX, el UE evalúa el criterio S y la carga de célula de la célula en la que está acampado. Si se cumple el

criterio S y la carga está por debajo de un máximo dado el UE sigue acampado en esa célula, y no se toma ninguna otra medición; de lo contrario realiza mediciones de célula vecina. Si no se cumple el criterio S o la carga de célula no está por debajo del máximo especificado, la célula comienza a realizar mediciones entre frecuencias y/o entre RAT. Se toman decisiones dependiendo de la prioridad de cada frecuencia/RAT objetivo (si se difunden prioridades por la célula). Si la prioridad es superior a la de la frecuencia actual, se evalúa el criterio S en la célula objetivo así como su carga de célula; si es inferior, se evalúan ambos criterios S para la célula servidora y la célula objetivo actuales, así como la carga de célula objetivo. Si se cumplen los criterios correspondientes para la reelección, el UE evalúa si hay una célula con un valor R (R_n) superior al de la célula actual (R_s); si es así, releecciona a la célula que tiene el valor R más alto. De lo contrario, el UE sigue acampado en la célula actual.

En UMTS antes de *Release 8* no hay prioridades asociadas con las frecuencias de sistema [14]. En este caso, o si no se difunde ninguna prioridad por la célula, el proceso de reelección es tal como se describió en párrafos anteriores para el caso de intrafrecuencia (con parámetros asociados posiblemente diferentes).

Informe de carga de células vecinas:

En el modo conectado, la movilidad se controla mediante la red a través de traspasos. Los traspasos se desencadenan mediante algoritmos propietarios que dependen no solo de las mediciones notificadas por el UE sino también de las políticas específicas de la implementación. Por tanto, las decisiones de red podrían entrar en conflicto con las decisiones de terminal descritas anteriormente para la selección y reelección de célula, y podrían aparecer efectos de ping-pong.

Con el fin de evitar esto, esta invención propone que el terminal, tras dejar el estado inactivo, informe a la red de las cargas de célula reales en las células vecinas detectadas. Esta información puede ser muy útil porque la célula servidora obtendrá información de carga de las células vecinas exacta (incluso de células de RAT diferentes), sin la necesidad de un intercambio de información costoso entre nodos de red.

La figura 9 representa una realización de un posible informe de carga de células vecinas. Cada indicación de carga de célula debe ser un octeto (8 bits) que representa un número entero en el intervalo [0, 100]. La longitud del informe será un número de octetos igual al número de células vecinas a considerar (N). Las indicaciones de carga de célula serán aquellas difundidas por las células o estimadas por el UE a través de un análisis OTA.

Este informe de carga se enviará por el UE en los siguientes casos:

1. Como parte de las mediciones de célula vecina notificadas por los UE en modo conectado, cuando la red ordena al UE que mida posibles candidatos de célula para traspaso. De esta manera, la célula servidora será consciente de la carga de las células vecinas así como de sus respectivas calidades, con el fin de incorporar esa información como entrada adicional a los algoritmos de traspaso correspondientes.
2. Cuando el UE entra en modo conectado, de modo que la célula servidora puede tener en cuenta la información de carga de las células vecinas para procedimientos de equilibrado de carga eventuales.
3. Después de un traspaso satisfactorio a una célula servidora diferente (conocida como "célula objetivo"), para que también pueda ser consciente de otras indicaciones de carga de las células. Esto evita que la célula objetivo realice un traspaso posterior a una célula diferente si se consideran criterios distintos a los de la carga de célula para el traspaso.
4. En cualquier momento la célula servidora puede pedir al UE que proporcione un informe de carga de las células vecinas. Esto puede ser útil para configurar una política de equilibrado de carga de célula dada por la red.

Es importante observar que el contenido del informe de carga de células vecinas puede cambiar dependiendo de la situación que desencadenó el informe, porque no se incluirá la célula servidora en cada caso. Por tanto, tras realizar un traspaso el informe será diferente de los relacionados con mediciones normales, porque tras el traspaso no se incluirá la nueva carga de célula servidora y la célula servidora antigua será una de las células vecinas.

Estimación de la carga de interfaz aérea de enlace descendente cuando no se difunde información de carga de célula:

Hay muchas situaciones en las que la red puede no poder proporcionar una indicación de carga de célula. Por ejemplo, en RAT heredadas, la modificación de la información de difusión relevante puede ser un problema ya que implica mejorar un número significativo de nodos de acceso con el fin de proporcionar información de carga de célula en tiempo real.

En estos casos, todavía es posible realizar una estimación de la carga de interfaz aérea de enlace descendente desde el UE. Esta estimación será más o menos exacta dependiendo de las condiciones de radio, el tiempo consumido por el terminal para realizar las mediciones, la tecnología considerada y los parámetros de recepción discontinua (DRX), entre otros factores.

La estimación de carga de interfaz aérea representa solo una parte de la carga de célula combinada, sin embargo representa una de sus contribuciones principales, y sin otra información de carga de célula explícita puede ser una medida muy útil que da una idea de la carga de célula esperada global.

5 Se proponen dos métodos en esta invención para estimar la carga de interfaz aérea de enlace descendente, para células de WCDMA y LTE respectivamente.

Estimación de carga de célula en células de WCDMA:

10 En este caso, aún es necesario que los nodos B difundan un parámetro semiestático con una indicación de la máxima potencia de TX disponible en la célula, concretamente "MAX_TX_POWER" (véase la figura 10). La difusión de este parámetro requiere una modificación de cualquier elemento de información adecuado para incluirlo. Tal parámetro semiestático puede configurarse directamente desde el OSS, al contrario que la indicación de carga de célula que tenía que actualizarse de forma dinámica.

15 El razonamiento para este parámetro es tal como sigue. La tecnología de WCDMA se caracteriza por el uso de los denominados códigos de canalización para la separación de los canales físicos, que son ortogonales por su construcción (aunque parte de la ortogonalidad se pierde en canales de multitrayectoria). El número de códigos físicos en uso por el enlace descendente está limitado de manera natural por la máxima potencia de célula: ya que cada código de canalización consume una cantidad de potencia dada (que también puede ser variable debido a un control de potencia rápido), la capacidad de enlace descendente de la célula está limitada por la potencia disponible.

20 Por tanto, se proporciona una medida útil de la carga de célula por la ecuación:

25

$$\eta_{DL} = \frac{\sum_{i=1}^{N_{DL}} P_{TX,i}}{P_{MAX}}$$

30 La estimación de la cantidad de potencia transmitida por la célula proporciona así una medida de los recursos de enlace descendente ocupados. El denominador representa la máxima potencia disponible en la célula, por tanto la necesidad de difusión de "MAX_TX_POWER".

35 Con el fin de estimar la carga de célula, la potencia de CPICH recibida $P_{CPICH,RX}$ sirve como primera etapa ya que puede medirse fácilmente (es una de las mediciones básicas para reelecciones de célula en UMTS). La potencia de CPICH transmitida también puede obtenerse por medio del elemento de información "potencia de Tx de CPICH" contenido en el bloque de información de sistema de tipo 5 o tipo 6 [9]. Esta cantidad se difunde para la estimación de la pérdida de trayectoria de enlace descendente en el control de potencia de lazo abierto, y puede denominarse $P_{CPICH,TX}$. Si la potencia de CPICH recibida se promedia apropiadamente a lo largo del tiempo, la resta de ambas cantidades proporciona una estimación de la pérdida de trayectoria promedio:

40

$$PL(dB) = P_{CPICH,TX}(dBm) - P_{CPICH,RX}(dBm)$$

45 La PL estimada puede usarse para derivar la potencia transmitida para el resto de canales de enlace descendente a partir de sus niveles recibidos correspondientes. Al realizar esto, los canales de control y las señales físicas también se incluirán para el cálculo de carga de célula (CPICH, P-CCPCH, SCH, PICH y AICH). Estos canales pueden detectarse fácilmente puesto que tienen códigos de canalización predefinidos, sin la necesidad de una búsqueda en el árbol de OVFS.

50 Las otras contribuciones a la carga de célula de enlace descendente son DPCCH, DPDCH, HS-PDSCH, S-CCPCH, HS-SCCH, E-AGCH, E-RGCH y E-HICH. De todas éstas, las más importantes son aquéllas de DPCCH, DPDCH y HS-PDSCH, correspondiendo las dos primeras a canales DCH *Release* 99 y correspondiendo la última a HSDPA. Las potencias de canal recibidas pueden estimarse por el UE de manera secuencial, pasando por el árbol de OVFS [14] y tomando nota de los códigos de canalización disponibles en cada uno de los posibles factores de dispersión. La estimación puede realizarse con un banco de correladores seguido por una comparación con un umbral adecuado (que debe ajustarse apropiadamente). La figura 11 representa una posible estructura para la detección de señal de enlace descendente.

55 La señal de enlace descendente recibida en el UE se multiplica en primer lugar por la conjugada compleja del código de aleatorización de célula, con el fin de eliminar su influencia. La señal se pasa entonces por un banco de correladores NxM, donde N es la máxima dispersión de retardo soportada por el terminal y M es el número de

posibles códigos de canalización en la célula. Cada correlador comprende un multiplicador por el código de canalización correspondiente, seguido por un integrador. Se generan los códigos de canalización y retardan un número de muestras por medio de los bloques de retardo "D", para contabilizar posibles multitrayectorias en la célula. Las salidas de los correladores correspondientes al mismo código de canalización se suman conjuntamente,

5 para contabilizar la potencia total recibida por cada código. Entonces se realiza una comparación de umbral dando como resultado las variables de decisión binarias D1, D2 ... DM. Cada variable de decisión binaria representa el uso de un código de canalización dado que se tendrá en cuenta para el cálculo de carga de célula, con la ayuda de los parámetros *umbral_1* a *umbral_M*. Un código dado se considerará en su uso si su potencia supera el umbral correspondiente; en ese caso la potencia resultante $P_{i,RX}$ se considerará para el cálculo de la carga de célula.

10 Dado el número alto de posibles códigos de canalización, la estimación puede realizarse de manera secuencial aprovechando la longitud de TTI (intervalo de tiempo de transmisión). En *Release 99*, el TTI puede adoptar los valores 10, 20, 40 y 80 ms. En HSDPA, el TTI es solo de 2 ms (3 franjas). Cuando el TTI representa el intervalo de tiempo mínimo para la planificación de enlace descendente, deben realizarse mediciones a lo largo de un intervalo

15 mínimo de 3 franjas (7680 segmentos).

La estimación de potencia recibida debe promediarse a lo largo del tiempo con el fin de filtrar las variaciones debidas al desvanecimiento o tráfico en ráfagas, dando como resultado una cantidad $\sum_i P_{i,RX}$. Esta cantidad puede actualizarse en un ciclo lento (en la escala de segundos) debido a las variaciones relativamente lentas del tráfico.

20 Aprovechando la estimación de pérdida de trayectoria es posible derivar la potencia transmitida total:

$$P_{TX}(dBm) = \sum_i P_{i,RX}(dBm) + PL(dB)$$

25 También pueden usarse otras unidades de potencia en lugar de dBm (tal como dBW). La estimación de carga de célula de enlace descendente se obtiene finalmente por la relación:

$$L = \frac{P_{TX}(mW)}{P_{TX,MAX}(mW)}$$

30 donde P_{TX} se convierte previamente a unidades de potencia naturales (por ejemplo mW), y $P_{TX,MAX}$ corresponde a "MAX_TX_POWER" como difusión por la célula (también en unidades naturales).

$P_{TX,MAX}$ puede controlarse adecuadamente por el operario según necesidades especiales. Por ejemplo, si es necesario descargar algunas células por algún motivo, es posible configurar valores bajos de $P_{TX,MAX}$ de modo que los usuarios se muevan a una célula diferente. Por tanto, el cálculo de carga de célula podría dar como resultado valores superiores al 100%, y la aplicación de la operación de logaritmo en las ecuaciones anteriores no produciría un valor válido. En estos casos, puede considerarse que la célula correspondiente tiene la clasificación más baja de todas las células posibles.

40 Estimación de carga de célula en células de LTE:

La LTE se caracteriza por el uso de un número de elementos de recurso (RE), cada uno de los cuales corresponde a una única subportadora de OFDM en un símbolo de OFDM. Para cada usuario se planifica un número de RE (agrupados por bloques de recurso, un múltiplo del RE) a lo largo de una franja (que comprende un número de símbolos de OFDM). La ocupación de los RE podría proporcionar así una estimación de la carga de célula de enlace descendente.

50 Sin embargo, el cálculo de carga de célula puede volverse mucho más difícil que en WCDMA, especialmente con valores SINR bajos de la célula objetivo. Ya que no existe ninguna diferenciación entre las transmisiones desde células diferentes, puede experimentarse una interferencia significativa en aquellos bloques de recurso que se usan simultáneamente por varios eNodosB. En este caso, las transmisiones de célula de enlace descendente se diferencian por el uso de diferentes códigos de aleatorización, generados a partir de semillas que dependen de las identidades de célula física (PCI) de las células. Sin embargo, las semillas de código de aleatorización también dependen del identificador temporal de red de radio celular (C-RNTI) de cada usuario, haciendo que sea imposible separar las transmisiones de células diferentes sin un conocimiento detallado de los valores C-RNTI que requeriría

55 una decodificación detallada de mensajes de RRC apropiados. Este efecto es particularmente perjudicial en los bordes de célula.

Sin embargo, cuando la SINR objetivo es alta, es posible realizar una estimación de carga de célula basándose en detección de potencia de los RE. Pueden aparecer escenarios con una SINR alta, por ejemplo, cuando se trata con estimación de carga de célula entre frecuencias.

- 5 Teniendo en cuenta que las señales de referencia emplean diferentes secuencias ortogonales para cada célula, puede lograrse alguna aleatorización de interferencia. Pueden emplearse técnicas de estimación de canal de MMSE con el fin de separar las señales de referencia del ruido más interferencia circundante [5], con el objetivo de obtener la potencia de señal de cada elemento de recurso (S_{RE}) en todas las frecuencias relevantes en lugar de las funciones de transferencia de canal. Cuando las contribuciones de señal e interferencia no están correlacionadas, pueden escribirse (en unidades naturales):

$$P_{RE} = S_{RE} + I_{RE},$$

- 15 donde P_{RE} es la potencia total en el RE, S_{RE} es la componente de señal e I_{RE} es la contribución de interferencia más ruido. Cuando la SINR es alta, $S_{RE} \gg I_{RE}$. Debe observarse que estas cantidades dependen de la frecuencia si el canal de radio tiene un ancho de banda de coherencia significativamente inferior al ancho banda del sistema. Las técnicas de estimación de canal habituales permiten la separación de las contribuciones de interferencia y deseadas, obteniendo por tanto estimaciones adecuadas de S_{RE} e I_{RE} .

- 20 Es posible usar esta medición para una detección de potencia de RE basada en el umbral. Si no se envió ninguna señal por el eNodoB en un RE dado, la potencia detectada sería del orden de I_{RE} . Si se envió una señal en un RE dado, la potencia detectada sería del orden de $S_{RE} + I_{RE} \gg I_{RE}$. Por tanto, es posible establecer un umbral P_{RE_umbral} entre estas dos cantidades para la detección de potencia, teniendo en cuenta que dependerá de la frecuencia.

- 25 Ya que el eNodoB puede variar la potencia de DL sobre los RE (por ejemplo, como resultado de los procedimientos de ICIC o formación de haz no basada en libro de códigos), el umbral P_{RE_umbral} puede ser un valor intermedio entre I_{RE} y $S_{RE} + I_{RE}$. Cuando P_{RE} supera P_{RE_umbral} para un RE dado, se representará como RE "ocupado". El número de RE ocupados ($N_{RE,ocupados}$), dividido entre el número global de RE disponibles en la célula ($N_{RE,total}$, que depende del ancho banda del sistema difundido en el bloque de información maestro [5]) proporciona la carga de célula:

$$L = \frac{N_{RE,ocupados}}{N_{RE,total}}$$

- 30 Esta medición también debe promediarse a lo largo del tiempo, por ejemplo con un filtro de promediado exponencial apropiado.

- 35 La figura 12 representa una posible realización para la invención propuesta, en un escenario que comprende tres estaciones base (concretamente BS1, BS2 y BS3) y un terminal de usuario (UE).

- 40 La estación base BS1 difunde una indicación de su propia carga de célula L1 a través del bloque 121. De manera similar, las estaciones base BS2 y BS3 difunden sus indicaciones de carga de célula L2 y L3 (bloques 124 y 125, respectivamente). El UE evalúa las cargas de célula así como los niveles de señal recibidos (bloque 126), y realiza una selección/reselección de célula en modo inactivo a la célula más adecuada teniendo en cuenta las indicaciones de carga de célula difundidas (bloque 127).

- 45 El UE construye el informe de carga de células vecinas (bloque 128) que se enviará a la célula servidora a petición de la red, tras un traspaso satisfactorio, al entrar en modo conectado o como parte de los informes de mediciones en modo conectado (bloque 130). Opcionalmente, el UE puede estimar la carga de célula de interfaz aérea (bloque 129 en líneas discontinuas) si el UE no puede leer ni decodificar las indicaciones de carga de célula, o si no se difunde ninguna indicación de carga adecuada por las células. La estación base servidora (BS1 en el ejemplo de la figura 12) puede recibir el informe de carga de células vecinas (bloque 122) que contiene las cargas de célula de las células vecinas, en cualquiera de los casos descritos anteriormente. Este informe puede usarse para cualquier estrategia de equilibrio de carga adecuada en modo conectado (bloque 123), teniendo en cuenta las cargas de las células vecinas. Las estaciones base representadas pueden pertenecer a frecuencias diferentes o incluso tecnologías de acceso de radio diferentes (3GPP o no 3GPP), siempre que el UE pueda comunicarse con todas ellas.

- 55 La figura 13 representa otra realización de la presente invención, las estaciones base no difunden indicaciones de carga de célula propias y el UE intenta estimar las cargas de célula de la interfaz aérea del enlace descendente. En el ejemplo representado, BS1 es una estación base de WCDMA (por ejemplo, un nodo B de UMTS) y BS2 es una estación base de LTE (es decir, un eNodoB, en terminología de 3GPP).

- 60 Este escenario implica una mejora mucho más fácil para la red, ya que las células no deben medir ni difundir ninguna indicación de carga de célula; sin embargo se produce a expensas de más requisitos de procesamiento

para los terminales, que por tanto deben estimar las cargas de célula de la interfaz aérea. Para hacer eso, las estaciones base de WCDMA difundirán una indicación semiestática de la máxima potencia transmitida disponible en la célula ("MAX_TX_POWER", en el bloque 131), para que el UE pueda estimar la carga de célula. Las células de LTE, sin embargo, no tienen que difundir información. El UE estima las cargas de célula del enlace descendente de ambas (bloque 139) y, junto con los niveles de señal recibidos, evalúa los parámetros necesarios para la selección/reselección de célula (bloque 136).

El UE realiza una selección/reselección de célula según la evaluación anterior (bloque 137); en el caso representado se selecciona la célula de LTE. El UE construye el informe de carga de células vecinas (bloque 138) y lo envía a la BS servidora (bloque 140). La BS2, tras recibir el informe de carga de células vecinas (bloque 134), puede realizar cualquier estrategia de equilibrado de célula adecuada en modo conectado (bloque 135). La BS1 en este caso no recibirá tal informe a menos que se realice una nueva reselección/traspaso a esa célula, en cuyo caso recibirá el informe de carga correspondiente (bloque 132) y realizará cualquier estrategia de equilibrado de célula adecuada (bloque 133).

Las realizaciones propuestas pueden implementarse como cualquier combinación adecuada de elementos de hardware, elementos de software o elementos de firmware, según las necesidades de la implementación.

Ventajas de la invención:

En esta invención se propone un mecanismo de equilibrado de carga de célula que tiene la ventaja de no requerir ninguna interacción entre los nodos de red, que sería muy problemático especialmente en redes heterogéneas con múltiples tecnologías de acceso coexistentes. La interacción entre nodos de red se requiere habitualmente para el intercambio de información de carga entre los nodos de acceso, destinados a establecer una política común para el direccionamiento de tráfico. Esta invención propone un procedimiento de equilibrado de carga de célula que emplea los terminales como nodos de anclaje, de modo que pueda tenerse en cuenta información de carga de célula actualizada y exacta para estrategias de RRM específicas.

Cada nodo de acceso solo debe difundir una indicación de carga de célula en un canal de control de difusión adecuado, basándose en la carga de la interfaz aérea combinada, carga de enlace de retorno y carga de procesamiento de la célula. Las indicaciones de carga de célula pueden recopilarse por tanto por los terminales y pueden enviarse de vuelta a la red, de modo que cada célula tenga información de carga en tiempo real de las células vecinas. Adicionalmente, se propone un procedimiento de equilibrado de carga en modo inactivo destinado a seleccionar las mejores células para acampar que tiene en cuenta las indicaciones de carga de célula. Al contrario de las propuestas existentes, en esta invención las indicaciones de carga de célula se emplean para implementar estrategias de equilibrado de carga eficaces para los UE en los estados tanto en modo inactivo como en modo conectado.

El equilibrado de carga en modo inactivo es un problema importante en las redes inalámbricas actuales. Incluso si los terminales no transmiten ningún dato en modo inactivo, acampar en una célula altamente cargada puede provocar tráfico de señalización significativo (debido a por ejemplo actualizaciones de área de ubicación, actualizaciones de área de encaminamiento o actualizaciones de área de seguimiento) y traspasos eventuales tras entrar en modo conectado.

La invención propuesta puede desplegarse en redes heterogéneas, independientemente de las interfaces entre nodos o el tipo de tecnología considerada. Las estrategias de equilibrado de carga combinadas son muy difíciles de realizar en redes heterogéneas que comprenden múltiples tecnologías de acceso, frecuencias y/o capas de células. La solución propuesta describe un marco común en el que los terminales sirven como puntos de enlace común entre los nodos de acceso, aprovechando la interoperabilidad intrínseca de los terminales con la red.

Adicionalmente, se describen procedimientos para estimar la carga de interfaz aérea de enlace descendente para tecnologías de acceso de WCDMA y LTE. Estos mecanismos pueden ayudar en el proceso de selección y reselección de célula cuando no se difunde ninguna indicación de carga de célula disponible por la red.

Un experto en la técnica puede introducir cambios y modificaciones en las realizaciones descritas sin apartarse del alcance de la invención tal como se define en las reivindicaciones adjuntas.

SIGLAS

2G	<i>Second Generation</i> ; segunda generación
3G	<i>Third Generation</i> ; tercera generación
3GPP	<i>Third Generation Partnership Project</i> ; proyecto de asociación de tercera generación
ABS	<i>Almost Blank Subframe</i> ; subtrama casi en blanco
AICH	<i>Acquisition Indicator Channel</i> ; canal indicador de adquisición

	ANDSF	<i>Access Network Discovery and Selection Function</i> ; función de descubrimiento y selección de red de acceso
	BCCH	<i>Broadcast Control Channel</i> ; canal de control de difusión
	BS	<i>Base Station</i> ; estación base
5	CDMA	<i>Code Division Multiple Access</i> ; acceso múltiple por división de código
	CPICH	<i>Common Pilot Channel</i> ; canal piloto común
	CPU	<i>Central Processing Unit</i> ; unidad de procesamiento central
	C-RNTI	<i>Cell - Radio Network Temporary Indicator</i> ; indicador temporal de red de radio celular
	DCH	<i>Dedicated Channel</i> ; canal especializado
10	DL	<i>Downlink</i> ; enlace descendente
	DPCCH	<i>Dedicated Physical Control Channel</i> ; canal de control físico especializado
	DPDCH	<i>Dedicated Physical Data Channel</i> ; canal de datos físicos especializado
	DRX	<i>Discontinuous Reception</i> ; recepción discontinua
	E-AGCH	<i>E-DCH Absolute Grant Channel</i> ; canal de concesión absoluta de E-DCH
15	E-DCH	<i>Enhanced Dedicated Channel</i> ; canal especializado mejorado
	E-HICH	<i>E-DCH HARQ Acknowledgement Indicator Channel</i> ; canal indicador de acuse de recibo de HARQ de E-DCH
	E-RGCH	<i>E-DCH Relative Grant Channel</i> ; canal de concesión relativa de E-DCH
	EUL	<i>Enhanced Uplink</i> ; enlace ascendente potenciado
20	GPRS	<i>General Packet Radio System</i> ; sistema de radio por paquetes general
	GSM	<i>Global System for Mobile Communications</i> ; sistema global para comunicaciones móviles
	H-ARQ	<i>Hybrid Automatic Repeat Request</i> ; petición de repetición automática híbrida
	HetNet	<i>Heterogeneous Network</i> ; red heterogénea
	HSDPA	<i>High Speed Downlink Packet Access</i> ; acceso de paquetes de alta velocidad en enlace descendente
25	HSPA	<i>High Speed Packet Access</i> ; acceso de paquetes de alta velocidad
	HS-PDSCH	<i>High Speed Physical Downlink Shared Channel</i> ; canal compartido de enlace descendente físico de alta velocidad
	HS-SCCH	<i>High Speed Shared Control Channel</i> ; canal de control compartido de alta velocidad
30	HSUPA	<i>High Speed Uplink Packet Access</i> ; acceso de paquetes de alta velocidad en enlace ascendente
	ICIC	<i>Inter Cell Interference Coordination</i> ; coordinación de interferencia entre células
	IEEE	<i>Institute for Electrical and Electronics Engineering</i> ; Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos
	I-WLAN	<i>Interworking with Wireless Local Area Networks</i> ; interfuncionamiento con redes de área local inalámbricas
35	LTE	<i>Long Term Evolution</i> ; evolución a largo plazo
	MIB	<i>Master Information Block</i> ; bloque de información maestro
	MMSE	<i>Minimum Mean Squared Error</i> ; mínimo error cuadrático medio
	OFDM	<i>Orthogonal Frequency Division Multiplex</i> ; multiplexación por división de frecuencia ortogonal
	OSS	<i>Operations System and Support</i> ; sistema y soporte de operaciones
40	OTA	<i>Over The Air</i> ; en el transcurso de la comunicación
	OVSF	<i>Orthogonal Variable Spreading Factor</i> ; factor de dispersión variable ortogonal
	P-CCPCH	<i>Primary Common Control Physical Channel</i> ; canal físico de control común primario
	PCI	<i>Physical Cell Identity</i> ; identidad de célula física
	PICH	<i>Pilot Channel</i> ; canal piloto
45	PL	<i>Path Loss</i> ; pérdida de trayectoria
	PRB	<i>Physical Resource Block</i> ; bloque de recursos físicos
	RAN	<i>Radio Access Network</i> ; red de acceso de radio
	RAT	<i>Radio Access Technology</i> ; tecnología de acceso de radio
	RE	<i>Resource Element</i> ; elemento de recurso
50	RIM	<i>RAN Information Management</i> ; gestión de información de RAN
	RoT	<i>Rise Over Thermal</i> ; elevación sobre ruido térmico
	RRC	<i>Radio Resource Control</i> ; control de recursos de radio
	RRM	<i>Radio Resource Management</i> ; gestión de recursos de radio
	RSCP	<i>Received Signal Code Power</i> ; potencia de código de señal recibida
55	RSRP	<i>Reference Signal Received Power</i> ; potencia recibida de señal referencia
	RSRQ	<i>Reference Signal Received Quality</i> ; calidad recibida de señal de referencia
	SCH	<i>Synchronization Channel</i> ; canal de sincronización
	S-CCPCH	<i>Secondary Common Control Physical Channel</i> ; canal físico secundario de control común
	SIB	<i>System Information Block</i> ; bloque de información de sistema
60	SINR	<i>Signal to Interference and Noise Ratio</i> ; relación señal a interferencia más ruido
	TTI	<i>Time Transmisión Interval</i> ; intervalo de tiempo de transmisión
	UE	<i>User Equipment</i> ; equipo de usuario
	UL	<i>Uplink</i> ; enlace ascendente
	UMTS	<i>Universal Mobile Telecommunication System</i> ; sistema universal de telecomunicación móvil

VoLTE	<i>Voice Over LTE</i> ; voz sobre LTE
VPLMN	<i>Visited Public Land Mobile Network</i> ; red móvil terrestre pública visitada
WCDMA	<i>Wideband Code Division Multiple Access</i> ; acceso múltiple por división de código de banda ancha
WiMAX	<i>Wireless Microwave Access</i> ; acceso inalámbrico por microondas
5 WLAN	<i>Wireless Local Area Networks</i> ; redes de área local inalámbricas

BIBLIOGRAFÍA

- 10 [1] 3GPP TS 25.401, UTRAN Overall Description (Release 99)
- [2] 3GPP TS 25.308, High Speed Downlink Packet Access (HSDPA); Overall Description; Stage 2 (Release 5)
- [3] 3GPP TS 25.309, FDD Enhanced Uplink; Overall Description; Stage 2 (Release 6)
- 15 [4] 3GPP TS 36.300, Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA) and Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN); Overall Description, Stage 2 (Release 8)
- [5] S. Sesia, I. Toufik, M. Baker (editores), "LTE, the UMTS Long Term Evolution: From Theory to Practice", John Wiley & Sons, 2009
- 20 [6] 3GPP TS 36.304, Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA), "User Equipment (UE) Procedures in Idle Mode (Release 10)"
- [7] 3GPP TS 36.331, Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA), "Radio Resource Control (RRC); Protocol Specification (Release 10)"
- 25 [8] 3GPP TS 25.304, "User Equipment (UE) procedures in idle mode and procedures for cell reselection in connected mode (Release 7)"
- [9] 3GPP TS 25.331, "Radio Resource Control (RRC) Protocol Specification (Release 7)"
- 30 [10] 3GPP TS 24.312, "Access Network Discovery and Selection Function (ANDSF) Management Object (MO) (Release 10)"
- [11] 3GPP TS 24.327, "Mobility between 3GPP Wireless Local Area Network (WLAN) interworking (I-WLAN) and 3GPP systems; General Packet Radio System (GPRS) and 3GPP I-WLAN aspects; Stage 3 (Release 8)"
- 35 [12] Klaas Wierenga, "IEEE 802.11u Overview", TF-Mobility, 2009
- [13] "LTE Advanced: Heterogeneous Networks", Qualcomm, 2011
- 40 [14] H. Holma, A. Toskala, "WCDMA for UMTS: Radio Access for Third Generation Mobile Communications", tercera edición, Wiley 2004
- [15] 3GPP TR 36.942, Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA), "Radio Frequency (RF) System Scenarios (Release 9)"
- 45 [16] 3GPP2 TSG-A WG3, "iRAT SON in 3GPP", febrero de 2012

REIVINDICACIONES

1. Un método para la implementación de un mecanismo de equilibrado de carga de célula para redes inalámbricas sin ningún intercambio de indicadores de carga de célula entre una pluralidad de células de red, que comprende:

5 al menos un equipo de usuario, UE, inalámbrico conectado a través de una red inalámbrica a una estación base servidora; y una pluralidad de células de red, comprendiendo, cada una, una estación base,

10 **caracterizado porque** dicho al menos un UE inalámbrico realiza las siguientes acciones:

estimar las cargas de célula de la estación base servidora y de la pluralidad de células de red analizando una carga de interfaz aérea de enlace descendente; proporcionar a dicha red inalámbrica, información acerca de la estimación de carga de célula real de dicha pluralidad de células, y realizar una selección de célula de red basándose en dichas cargas de célula estimadas.

2. Un método según la reivindicación 1, **caracterizado porque** comprende estimar dicha carga de la interfaz aérea de enlace descendente en el caso de células de acceso múltiple por división de código de banda ancha, WCDMA, basándose en la máxima potencia de TX disponible en la célula, denominada MAX_TX_POWER, estando incluida dicha potencia de TX disponible como parte de cualquier bloque de información de sistema relevante transmitido en un canal de difusión o creado dentro de uno nuevo de dichos bloques de información de sistema.

3. Un método según la reivindicación 2, **caracterizado porque** dicha estimación de la carga de la interfaz aérea de enlace descendente L se proporciona mediante la siguiente ecuación:

25

$$L = \frac{P_{TX}}{MAX_TX_POWER},$$

en la que P_{TX} indica la potencia de transmisión total según se deriva de las potencias recibidas para cada uno de los códigos de canalización i, P_{i,RX}, y la pérdida de trayectoria estimada PL a través de las ecuaciones:

30

$$P_{TX}(dBm) = \sum P_{i,RX}(dBm) + PL(dB)$$

$$PL(dB) = P_{CPICH,TX}(dBm) - P_{CPICH,RX}(dBm),$$

35 donde P_{CPICH,TX} indica la potencia transmitida del canal piloto común, CPICH, según se difunde por la célula de red, y P_{CPICH,RX} es la potencia de CPICH recibida.

4. Un método según la reivindicación 1, **caracterizado porque** comprende estimar dicha carga de la interfaz aérea de enlace descendente en el caso de células de la evolución a largo plazo basándose en un número promediado de elementos de recurso ocupados en una subtrama.

40

5. Un método según la reivindicación 4, **caracterizado porque** dicha estimación de la carga de la interfaz aérea de enlace descendente L se proporciona mediante la siguiente ecuación:

45

$$L = \frac{N_{RE,ocupados}}{N_{RE,total}}$$

donde N_{RE,ocupado} indica el número de elementos de recurso ocupados, N_{RE,total} indica el número global de elementos de recursos disponibles en la célula de red, y los elementos de recursos se consideran que están ocupados basándose en la potencia detectada que es superior a un umbral definido.

50

6. Un método según la reivindicación 1, **caracterizado porque** se realiza una selección adicional denominada reelección por dicho al menos un UE inalámbrico.

7. Un método según la reivindicación 6, **caracterizado porque** dicha selección y reelección de célula se realiza por dicho al menos un UE inalámbrico que está en modo inactivo.

55

8. Un método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** comprende además, dicho

al menos un UE inalámbrico, enviar un informe de carga de las células vecinas a la estación base servidora que contiene las estimaciones de carga de célula de la pluralidad de células de red.

5 9. Un método según la reivindicación 8, **caracterizado porque** el envío por dicho al menos un UE inalámbrico de dicho informe de carga de las células de vecinas a la estación base servidora se produce tras entrar, dicho al menos un UE inalámbrico, en modo conectado.

10 10. Un método según la reivindicación 8, **caracterizado porque** el envío por dicho al menos un UE inalámbrico de dicho informe de carga de las células vecinas a la estación base servidora se produce tras solicitarse desde dicha estación base servidora.

11. Un método según la reivindicación 8, **caracterizado porque** el envío por dicho al menos un UE inalámbrico de dicho informe de carga de células vecinas a la estación servidora se produce tras haber enviado una estación base servidora anterior una orden de traspaso a dicho al menos un UE inalámbrico.

15 12. Un método según la reivindicación 8, **caracterizado porque** comprende enviar un informe de carga de las células vecinas a la estación base servidora en cualquier momento cuando dicho al menos un UE inalámbrico está en modo conectado.

20 13. Un método según la reivindicación 1, **caracterizado porque** dicha estimación de carga de célula de cada una de dicha pluralidad de células de red tiene la forma de un número entero de 0 a 100 que representa una estimación de la carga de la célula.

25 14. Un método según la reivindicación 1, **caracterizado porque** comprende realizar dicha selección de célula de red incorporando un criterio umbral de carga de célula, y evitar, mediante el al menos un UE inalámbrico, la selección de una célula si la carga de célula de dicha célula está por encima de dicho criterio umbral.

15. Un método según la reivindicación 6, **caracterizado porque** comprende realizar dicha reelección de célula mediante el siguiente criterio:

30

$$\left. \begin{aligned} R_s &= 10 \log \left[f(Q_{med,s}) \times (1 - L_s / 100) \right] + Q'_{hyst,s} \\ R_n &= 10 \log \left[f(Q_{med,n}) \times (1 - L_n / 100) \right] + Q'_{off,n} \end{aligned} \right\} \Rightarrow$$

donde dicho UE inalámbrico elige la célula con valor R más alto, y:

35 f representa cualquier curva de caudal del enlace descendente tomada como referencia para la tecnología que está considerándose;

L_s y L_n son las cargas de célula en las células servidora y vecina; y

$Q_{med,s}$ y $Q_{med,n}$ se basan en la calidad de señal con el fin de aplicar la curva de caudal.

40 16. Un método según la reivindicación 1, **caracterizado porque** dicha estación base servidora y dicha al menos una estación base vecina pertenecen a la misma frecuencia y/o a la misma tecnología de acceso de radio.

17. Un método según la reivindicación 1, **caracterizado porque** dicha estación base servidora y dicha al menos una estación base vecina pertenecen a frecuencias diferentes y/o a tecnologías de acceso de radio diferentes.

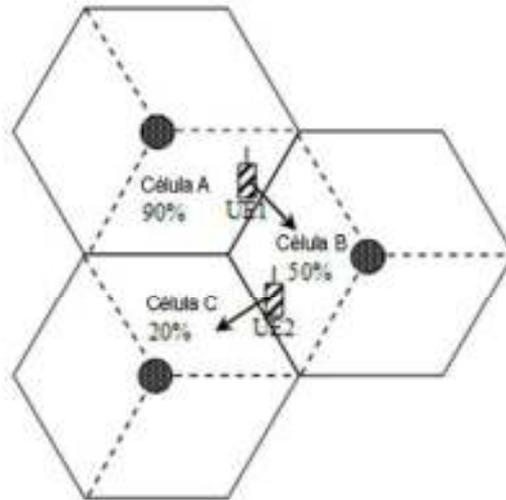


Figura 1

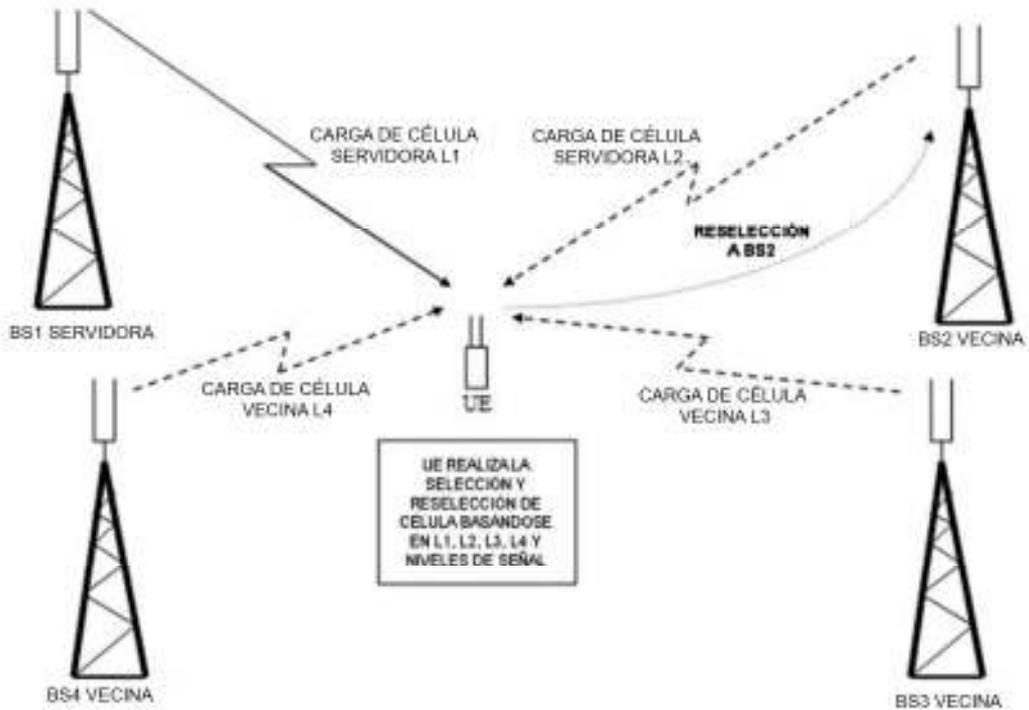


Figura 2

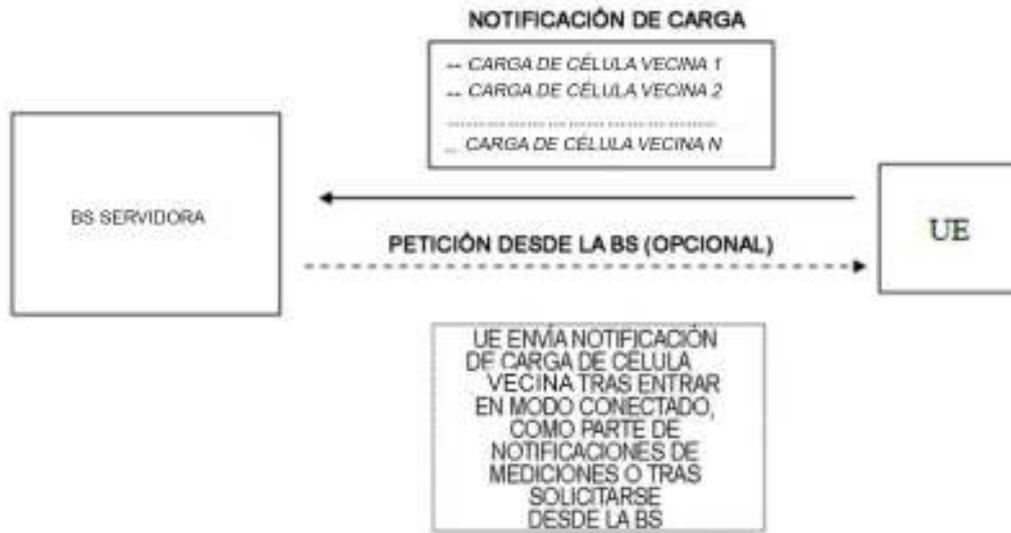


Figura 3

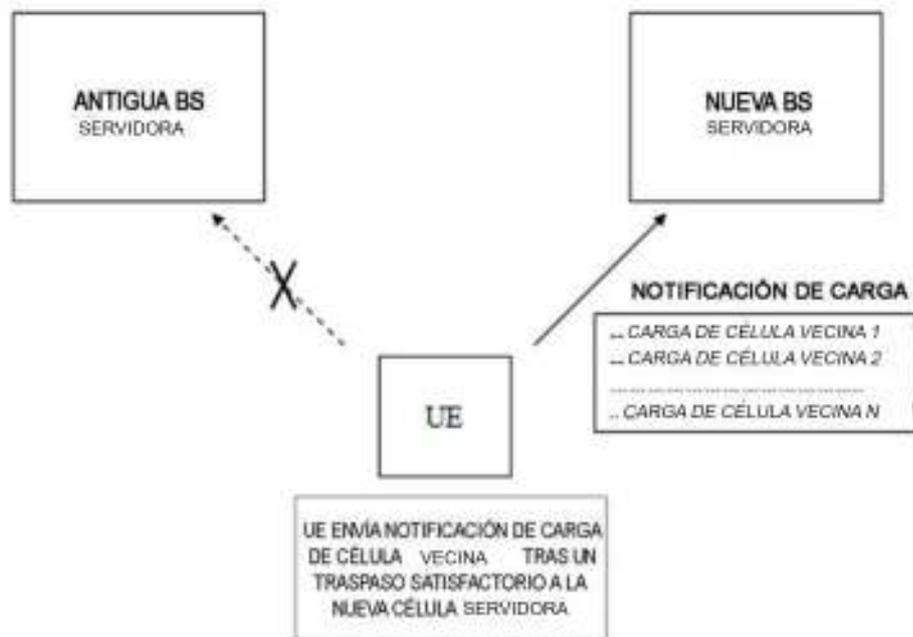


Figura 4



Figura 5

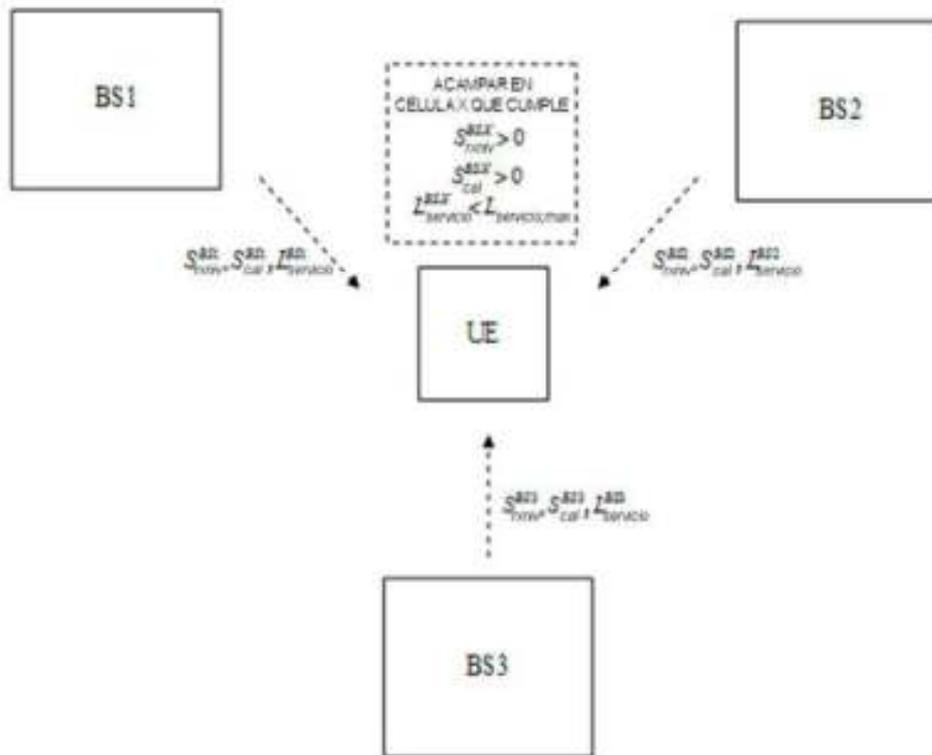


Figura 6

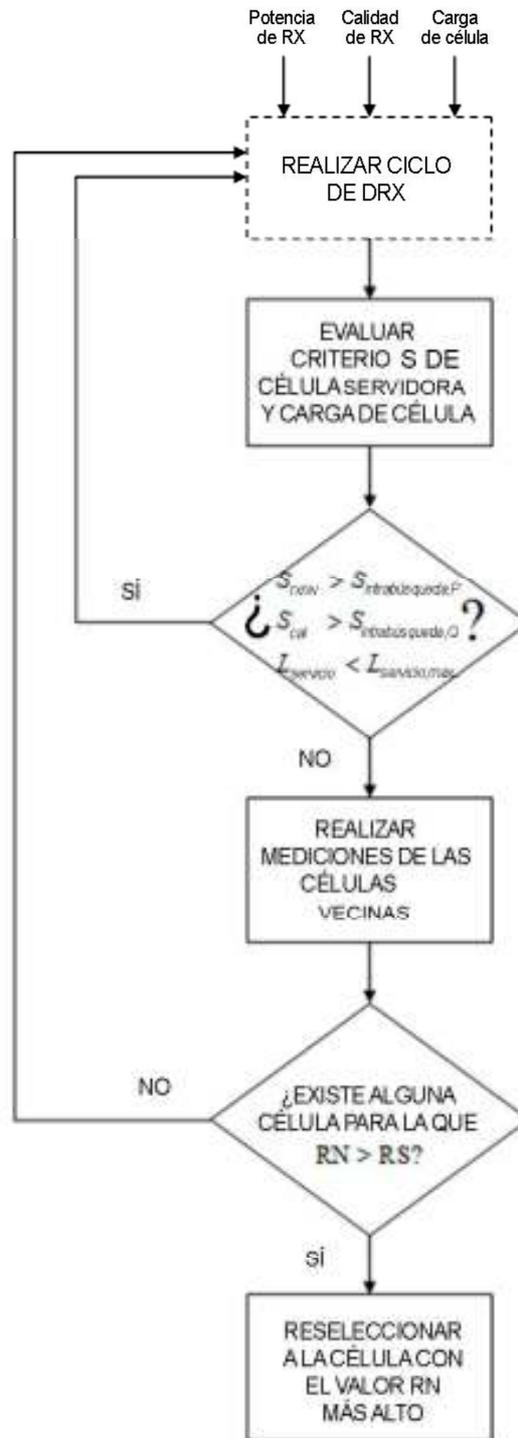


Figura 7

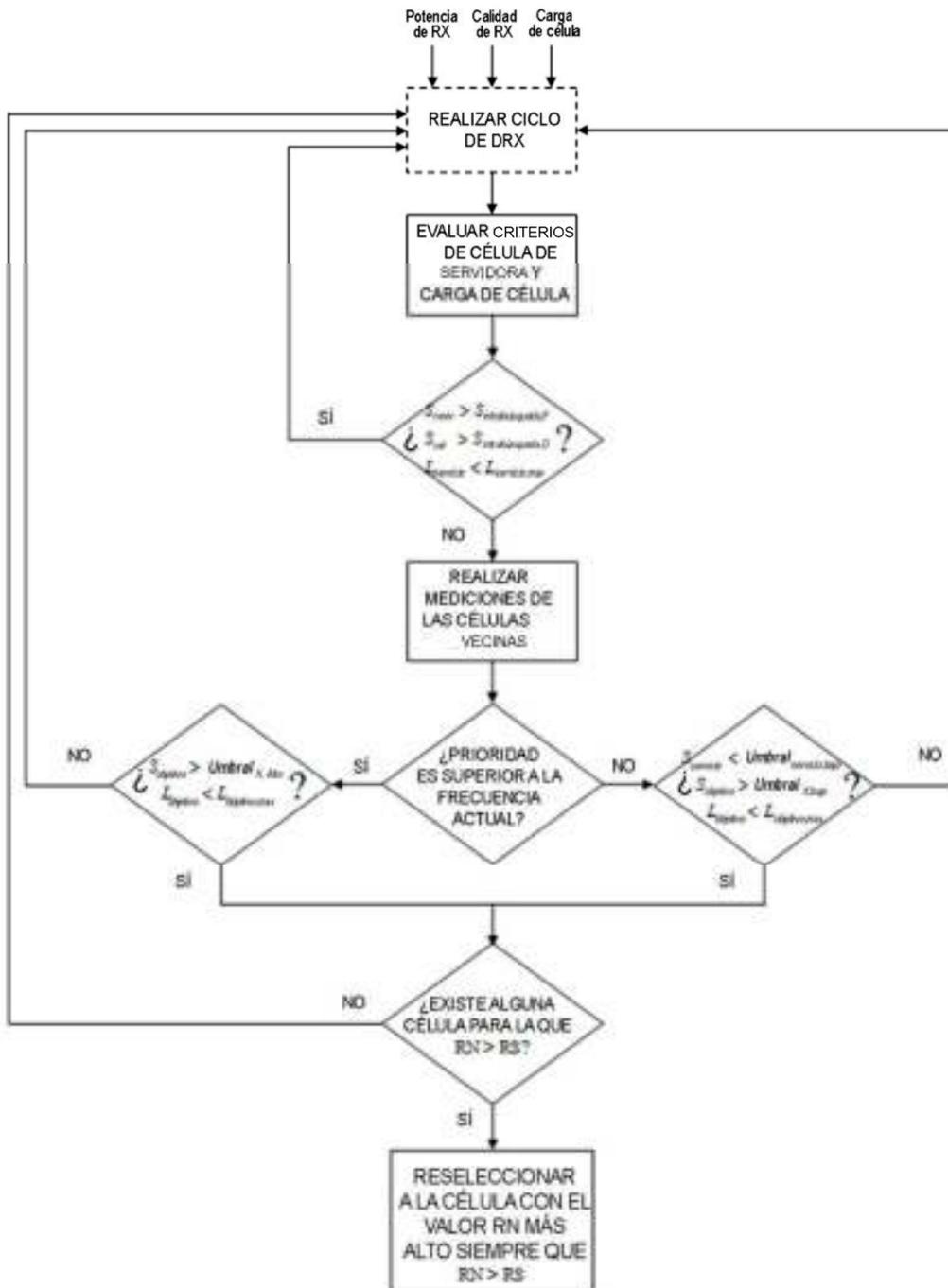


Figura 8

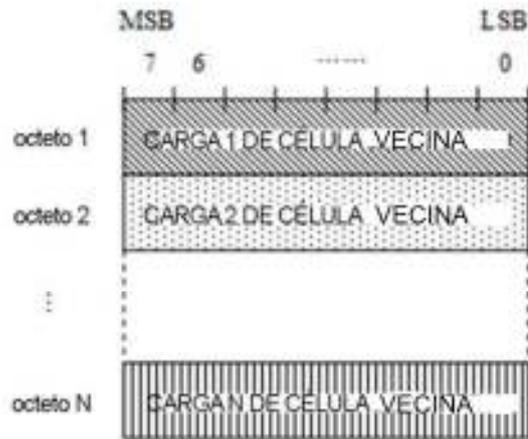


Figura 9

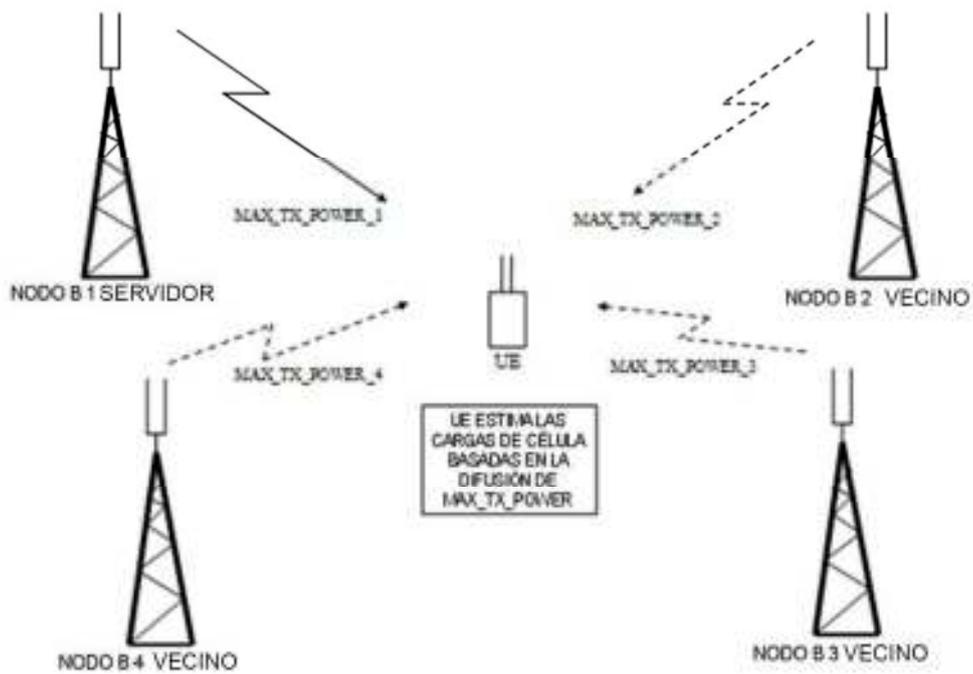
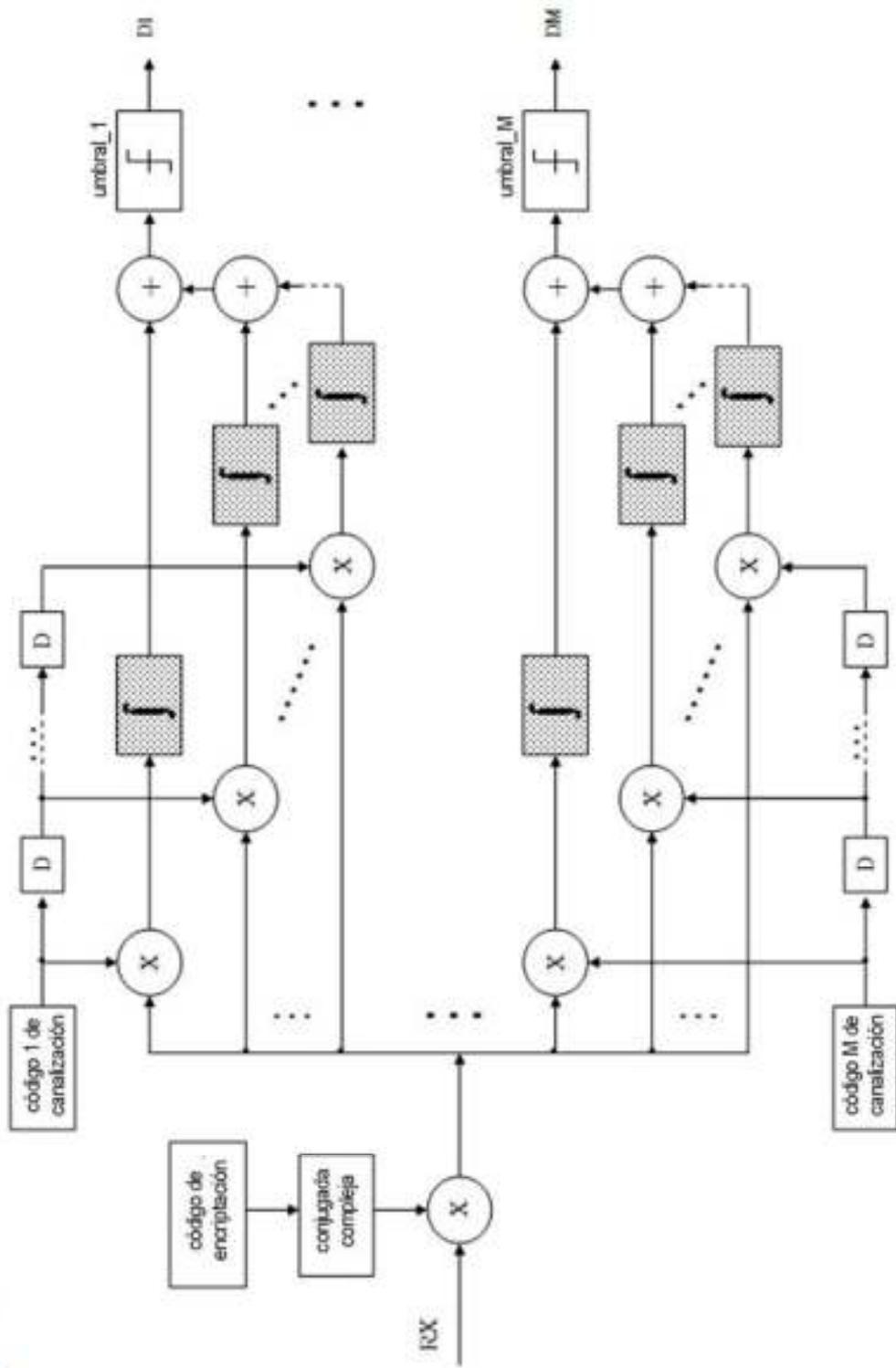


Figura 10

Figura 11



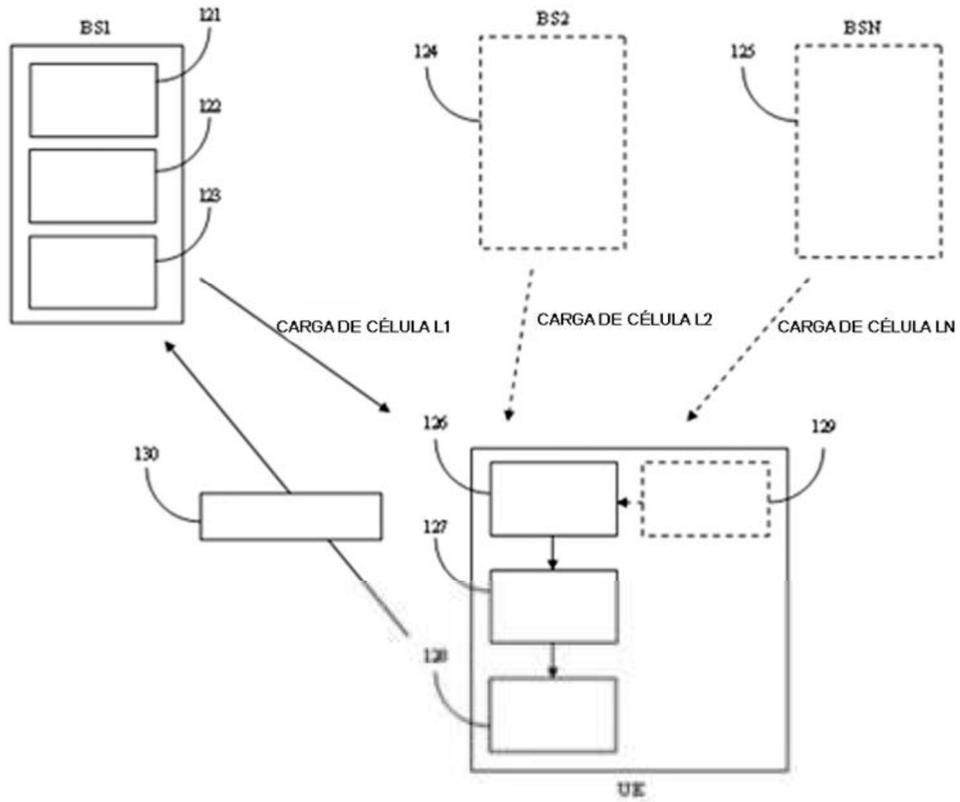


Figura 12

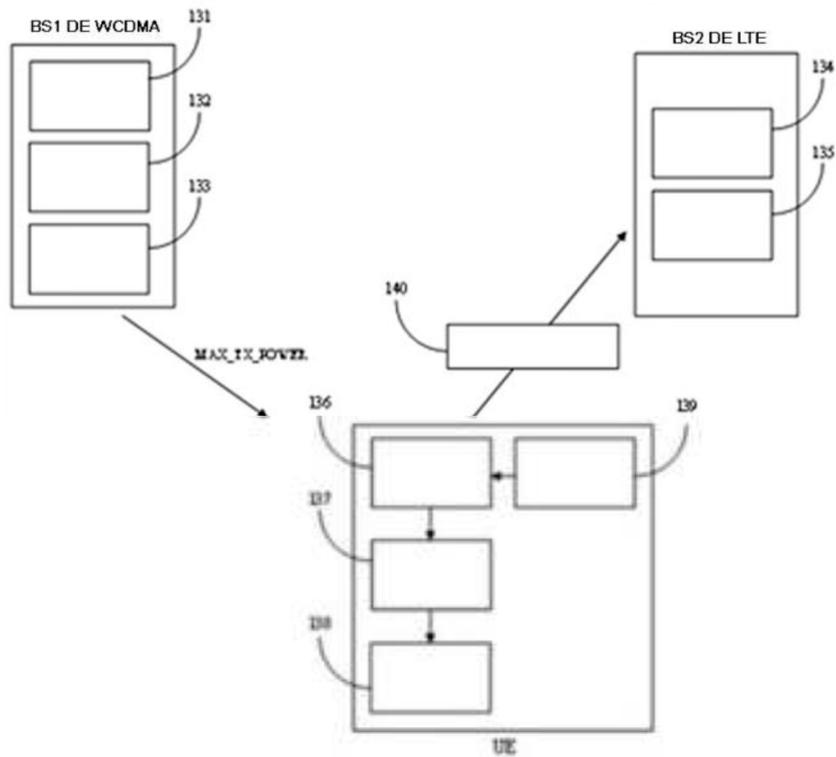


Figura 13