

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 533 715**

51 Int. Cl.:

H04W 24/02 (2009.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.10.2010 E 10796268 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.01.2015 EP 2494806**

54 Título: **Método para la gestión de energía en una red de radio inalámbrica y red de radio inalámbrica correspondiente**

30 Prioridad:

28.10.2009 EP 09013574

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

14.04.2015

73 Titular/es:

**NEC EUROPE LTD. (100.0%)
Kurfürsten-Anlage 36
69115 Heidelberg, DE**

72 Inventor/es:

**SAMDANIS, KONSTANTINOS;
KUTSCHER, DIRK;
NUNZI, GIOGIO y
BRUNNER, MARCUS**

74 Agente/Representante:

ROEB DÍAZ-ÁLVAREZ, María

ES 2 533 715 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Método para gestión de energía en una red de radio inalámbrica y red de radio inalámbrica correspondiente

5 La presente invención se refiere a un método para operar una red de radio inalámbrica, especialmente una red de acceso de radio, en el que la red de radio inalámbrica comprende una red principal, un número de estaciones base y al menos un anfitrión móvil para comunicación inalámbrica mediante al menos una estación base.

10 Además, la presente invención se refiere a una red, especialmente una red de acceso de radio, preferentemente para llevar a cabo el método anterior, en el que la red de radio inalámbrica comprende una red principal, un número de estaciones base y al menos un anfitrión móvil para comunicación inalámbrica mediante al menos una estación base.

15 El ahorro de energía es un problema significativo para la operación y suministro de servicio de redes inalámbricas, considerando el aumento del consumo de energía de la ICT (Tecnología de Información y Comunicaciones) y su impacto en el entorno. Los elementos de red responsables del gasto de energía incluyen la red principal, el anfitrión móvil y la estación base, que producen el mayor consumo de energía.

20 Las propuestas anteriores se centran en desconectar elementos y funciones de las estaciones base, véase el documento US 6.584.330 B1, Adaptive Power Management for a Node of a Cellular Telecommunications Network, junio de 2003, o desconectar estaciones base por completo usando la información de carga local, véase el documento INFISO-ICT-216284 SOCRATES, D2.1, Use Cases for Self-Organizing Networks, marzo de 2008, de una manera individual distribuida. Tales metodologías están descoordinadas; cada estación base realiza funciones de gestión de energía individualmente. También, los enfoques conocidos no son flexibles.

25 En sistemas celulares el elemento de gasto de energía principal es la estación base considerando la alta demanda de cobertura y el consumo de energía por estación base. Los métodos para mejorar su eficacia de energía son significativos en términos de coste y problemas del entorno considerando especialmente el hecho de que se aprovisiona la asignación de recursos de cada estación base para manejar demandas de tráfico de horas pico.

30 Puesto que las horas pico son únicamente periodos de tiempo limitado específicos, cada estación base está desperdiciando energía en todos los tiempos restantes. Se consigue el consumo de energía óptimo cuando la capacidad ofrecida mediante el operador coincide con las demandas de tráfico y esto se consigue conectando y desconectando funciones y equipo de celda o celdas completas, véase el documento 3GPP TR 36.902, Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN); Self-configuration and self-optimization network use cases and solutions (Versión 9), mayo de 2008. Tal gestión de ahorro de energía está basada en mediciones de carga de tráfico en combinación con estadísticas a largo plazo o políticas de umbral, que seleccionan las estaciones base apropiadas y determinan el tiempo que entran en un modo de ahorro de energía, véase el documento US 6.584.330 B1.

35 A partir de M.A. Marsan, L. Chiaraviglio, D. Ciullo, M. Meo, "Optimal Energy Savings in Cellular Access Networks", IEEE ICC Workshop on Green Communications, junio de 2009, es obtenible una posibilidad de ahorro de energía en redes de acceso celular donde se desconectan estaciones base seleccionadas para ahorrar energía. El procedimiento de ahorro de energía conocido supone un tráfico idéntico entre celdas vecinas y modela la red usando una distribución regular.

40 Se presenta un enfoque más genérico en el documento INFISO-ICT-216284 SOCRATES, D2.1, Use Cases for Self-Organizing Networks, marzo de 2008, donde las estaciones base determinan si deben conectarse o desconectarse dependiendo del tráfico y las estadísticas de carga en combinación con las localizaciones de equipo de usuario. Tal enfoque está descoordinado puesto que cada estación base toma decisiones de gestión de energía individualmente. Las propuestas de gestión de energía descoordinadas se adecuan más a entornos no urbanos y escenarios de eNodoB propios como el presentado en el documento 3GPP R3-081174, Solution for interference reduction SON use case, mayo de 2008.

45 50 55 En el documento 3GPP R3-080082, Capacity and Coverage SON Use Case, febrero de 2008, se analiza una propuesta de ahorro de energía en relación con cobertura y capacidad con énfasis en el autorrestablecimiento, donde celdas en paraguas proporcionan cobertura de ciertas áreas geográficas. Ciertamente si tal cobertura se solapa, suponiendo una arquitectura de dos niveles de la misma tecnología de acceso de radio, no es una implementación de red celular realista. De manera similar, M.A. Marsan, M. Meo, "Energy Efficient Management of two Cellular Access Networks", ACM SIGCOMM GreenMetrics Workshop, enero de 2009, demuestra un esquema de gestión eficaz de energía, que permite a los anfitriones móviles realizar itinerancia entre dos redes solapantes de operadores diferentes. La sugerencia de que diferentes operadores compartan sus instalaciones de red para ahorrar energía plantea ciertas preocupaciones acerca de su viabilidad desde una perspectiva de negocio debido a la importancia de la cobertura como una aptitud de venta única.

65

Un esquema de retransmisión dinámico presentado en O. Teyb, V. van Phan, B. Raaf, S. Redana, "Dynamic Relaying in 3GPP LTE-Advanced Networks", Hindawi EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking, ID del manuscrito ID 731317, julio de 2009, asocia estaciones base habilitadas para retransmisión con nodos de retransmisión dependiendo de la carga de tráfico e información geográfica para ahorrar energía y utilizar la capacidad de la red más eficazmente. Un enfoque de este tipo puede ahorrar potencia permitiendo a ciertas celdas reducir su potencia de transmisión y desconectando nodos de retransmisión o estaciones base dependiendo de sus condiciones de tráfico. La retransmisión dinámica supone la presencia de nodos de retransmisión, que puede no siempre ser el caso y requiere un mecanismo que asocie los nodos de retransmisión con estaciones base habilitadas para retransmisión, que aumenta la complejidad de la red.

Además, a partir del documento US 6.321.083 B1 se conoce un método de localización de puntos calientes de tráfico.

El documento WO 2009/031956 desvela una técnica de ahorro de energía de acuerdo con la que, cuando el tráfico es bajo, se activa un modo de ahorro de energía y una primera estación base aumenta su área de cobertura aumentando la potencia de transmisión o el haz de antena mientras que se desconecta un cierto número de otras estaciones. Un nodo de gestión de red mide el nivel de uso de la capacidad de celda, el número de usuarios y sus estadísticas y transmite comandos de gestión a las diferentes estaciones base.

A. Papadogiannis, D. Gesbert y E. Hardouin, "A Dynamic Clustering Approach in Wireless Networks with Multi-Cell Cooperative Processing", IEEE International Conference on Communications, 2008, 19-23 de mayo de 2008, Beijing, China, desvelan un algoritmo para la formación dinámica de grupos de estaciones base que cooperan en una red de procesamiento cooperativo multi-celda (en la norma del 3GPP LTE-A denominado como COMP) de acuerdo con el que se forman nuevos grupos cada intervalo de tiempo.

El documento GB 2419494 desvela una red de acceso de radio realizada mediante una pluralidad de transceptores de radio espaciados geográficamente y un controlador de transceptor de radio. Se realiza un área de celda lógica mediante las transmisiones y recepciones de una pluralidad de transceptores de radio. El controlador de transceptor de radio realiza un control dinámico del área de celda lógica por medio de división o unión de celdas lógicas (grandes celdas lógicas pueden dividirse en unas más pequeñas y celdas lógicas más pequeñas pueden unirse en celdas más grandes) basándose en la carga de tráfico.

Por lo tanto, es un objeto de la presente invención mejorar y desarrollar adicionalmente un método para operar una red de radio inalámbrica y una red acorde de tal manera que, sea posible una operación particularmente económica de la red con un alto grado de conservación de energía.

De acuerdo con la invención, el objeto anteriormente mencionado se consigue mediante un método de acuerdo con la reivindicación 1. De acuerdo con este método se dispondrá una asociación de estaciones base encendidas y apagadas en particiones de estación base definibles de una manera coordinada, manteniendo de esta manera un número mínimo o el número más pequeño posible de estaciones base encendidas que sean necesarias para satisfacer una demanda de tráfico actual.

Además, el objeto anteriormente mencionado se consigue mediante una red de acuerdo con la reivindicación 15. De acuerdo con esta red se dispondrá una asociación de estaciones base encendidas y apagadas en particiones de estaciones base definibles de una manera coordinada, manteniendo de esta manera un número mínimo o el número más pequeño posible de estaciones base encendidas que sean necesarias para satisfacer una demanda de tráfico actual.

De acuerdo con la invención se ha reconocido que la disposición de las estaciones base encendidas y apagadas que están asociadas en particiones de estaciones base definibles de una manera coordinada hará posible un manejo y operación particularmente económicos de la red. En las particiones de estaciones base creadas puede mantenerse un número mínimo o el número más pequeño posible de estaciones base encendidas que sean necesarias para satisfacer una demanda de tráfico actual. Todas las restantes estaciones base en una partición que no sean necesarias para satisfacer una demanda de tráfico actual pueden apagarse. Un método de este tipo es particularmente útil en un entorno urbano donde las restricciones de capacidad e interferencia limitan la cobertura de la estación base a un nivel significativamente inferior que su máximo potencial. Por lo tanto, el método y la red reivindicados proporcionan una operación particularmente económica de la red con un alto grado de conservación de energía.

La presente invención avanza los métodos de ahorro de energía actuales de sistemas celulares disponiendo asociaciones entre estaciones base encendidas y apagadas creando particiones de estaciones base que pueden designarse también como subconjuntos de energía o particiones de energía, donde al menos una única estación base podría conectarse proporcionando la compensación de cobertura en beneficio de las restantes estaciones base que están desconectadas.

Preferentemente, la asociación podría basarse en al menos un parámetro de carga que considere la carga de tráfico y/o recursos de red y/o de radio y/o limitaciones de carga de hardware de la estación base. Por consiguiente, puede proporcionarse una distribución adecuada de carga entre las particiones individuales.

5 Como alternativa o adicionalmente, la asociación podría basarse en información geográfica relacionada con la localización física de cada estación base.

Como alternativa o adicionalmente, la asociación podría basarse en características de movilidad incluyendo velocidad, dirección, tiempos de permanencia y/o patrones de movilidad históricos de al menos un anfitrión.

10 Además, como alternativa o adicionalmente, la asociación podría basarse en la importancia de estaciones base en la red en términos de topología de enlaces físicos, tales como puentes de radio creados en topologías de árbol.

15 En todos los casos la asociación podría disponerse para alcanzar una conservación de energía muy alta o la máxima posible. En una realización preferida, el objetivo de esta invención es equilibrar la carga de red entre particiones de energía de un número mínimo basándose en restricciones de localización geográfica manteniendo baja la movilidad entre grupos y coincidir las demandas de tráfico con la capacidad de red conservando la máxima cantidad de energía. Una vez que se crean tales particiones de energía las condiciones de carga pueden cambiar o la movilidad entre particiones vecinas puede aumentar drásticamente. En lugar de despertar las estaciones base apropiadas para manejar la carga extra o proporcionar movilidad más fluida y eficaz, es decir reestablecer la interfaz X2 para el caso de LTE (Evolución a Largo Plazo), esta invención examina si existe una redistribución factible para manejar tales alternancias de carga y movilidad encendiendo una estación base diferente y desconectando la actual.

20 Preferentemente, una redistribución de las particiones de estaciones base podría realizarse dependiendo de una variación o cambio de un parámetro de carga y/o una característica de movilidad de un anfitrión.

25 El objetivo de redistribuir particiones de energía es conservar la energía coincidiendo mejor las demandas de recursos con la capacidad de la red. Una redistribución de este tipo de las particiones podría realizarse cambiando la asociación entre las estaciones base encendidas y apagadas. El número de estaciones base encendidas y apagadas podría mantenerse constante después de un cambio de este tipo. Sin embargo, al menos una estación base se dispondrá en otra partición después de un cambio de este tipo de la asociación.

30 En una realización muy sencilla la redistribución podría realizarse apagando al menos una estación base actualmente activa. Esta situación podría surgir si otras estaciones base encendidas pudieran cubrir adicionalmente la carga de tráfico y funcionalidad de la estación base apagada.

35 Además, la redistribución podría realizarse encendiendo al menos una estación base inactiva seleccionada, preferentemente si otra estación base actualmente activa pudiera apagarse, de modo que pueda mantenerse un número de estaciones base encendidas constante.

40 En una realización preferida la estación base encendida podría proporcionar una compensación de cobertura en beneficio de al menos una estación base restante que se desconecta o que se desconectan.

45 En un una realización preferida más puede aumentarse una cobertura de al menos una estación base encendida, de modo que otra estación base encendida pudiera apagarse. En este caso la estación base encendida con cobertura aumentada podría compensar la funcionalidad de la estación base apagada.

50 Para realizar un mejor rendimiento o una cobertura cambiada o aumentada de una estación base encendida podría reconfigurarse la inclinación de la antena y/o potencia de canal piloto de al menos una estación base, mientras que al menos otra estación base podría apagarse. Por lo tanto, el número de estaciones base encendidas podría reducirse para ahorrar energía.

55 En otra realización preferida la redistribución podría realizarse uniendo particiones existentes. Durante un proceso de unión de este tipo, las estaciones base actualmente encendidas podrían apagarse para reducir el número de estaciones base encendidas. Una unión de particiones de este tipo podría realizarse si al menos una partición está por ejemplo, subcargada.

60 Preferentemente, la redistribución podría comprender un desplazamiento de carga de red desde una estación base a una estación base de carga alta o la más alta. Por lo tanto, la estación base cargada más baja podría apagarse, si ya no es necesaria para satisfacer una demanda de tráfico actual. Además, una redistribución de este tipo podría comprender un desplazamiento de únicamente una parte de la carga de red, especialmente en un área de punto caliente, desde una estación base a otra estación base. Esto podría dar como resultado una redistribución en la que el número de estaciones base encendidas permanezca constante y en la que únicamente se distribuya la carga de red en una distribución cambiada.

65

5 La redistribución o proceso de unión anteriores pueden no ser factibles cuando todas las particiones vecinas están igualmente sobrecargadas o debido a limitaciones geográficas. Por lo tanto, podría realizarse un procedimiento de selección de una estación base a encender si no es posible la redistribución factible. En un caso de este tipo, resolver la sobrecarga requiere despertar una estación base más en el área de cobertura de la partición sobrecargada.

10 La selección de una estación base de este tipo podría basarse en información geográfica, con el objetivo de identificar una estación base que pudiera manejar con más flexibilidad la carga asociada con la partición de energía existente o particionar y encender la estación base o estaciones base.

15 Preferentemente, un procedimiento de selección de una estación base a encender podría comprender un cálculo de distancias relativas entre las estaciones base en una partición. Un cálculo de este tipo podría basarse en coordenadas preasignadas o información de GPS (Sistema de Posicionamiento Global). Preferentemente después de la finalización de un cálculo de este tipo, un procedimiento de selección de una estación base a encender podría comprender una determinación de al menos una estación base apagada que pueda proporcionar potencialmente cobertura de toda la partición o una determinación de al menos una estación base apagada que pueda proporcionar una cobertura máxima en la partición, si una estación base apagada de este tipo está encendida.

20 En una realización preferida un número definible de estaciones base encendidas o cada estación base encendida monitoriza la carga de tráfico y/o movilidad en su partición. En caso de un problema, la estación base o estaciones base podrían recoger y procesar la carga de tráfico y/o información de movilidad desde sus particiones vecinas. Si existe al menos una partición vecina no sobrecargada, el método de redistribución podría aplicarse. De otra manera otro procedimiento intenta identificar y/o seleccionar una estación base a despertar dentro de la partición sobrecargada, basándose preferentemente en la flexibilidad de balanceo de carga con la ya existente despierta.

25 A diferencia del proceso de creación de partición inicial, la información de carga y movilidad ahora está basada en mediciones de partición de energía, que es suficiente para identificar problemas pero insuficiente para realizar redistribuciones. Puesto que la partición sobrecargada no tiene información acerca de la distribución de la carga dentro de su propia área o la localización de posibles puntos calientes, es difícil asociar tal carga extra con las restantes estaciones base dormidas. Para superar tal ausencia de información podrían usarse los siguientes enfoques.

30 Como una primera alternativa la distribución de carga de tráfico y/o movilidad podrían medirse despertando estaciones base seleccionadas bruscamente para dar información únicamente o podría medirse mediante redes externas o redes de sensores.

35 Como una segunda alternativa, la carga de tráfico y/o movilidad podrían estimarse basándose en información de avance de tiempo y mediciones de equipo de usuario a partir de estaciones base adyacentes.

40 Como una tercera alternativa preferida podría suponerse una redistribución de una partición basándose en carga de tráfico disponible y/o información de movilidad y su impacto en la carga y/o la movilidad podría medirse para reajustarla adicionalmente de manera iterativa en caso de una solución no satisfactoria.

45 Durante un procedimiento de redistribución podría moverse una funcionalidad de una estación base encendida de una partición hacia una estación base de una partición vecina con una carga baja o la más baja y viceversa.

En una realización preferida más una partición sobrecargada podría dividirse en un número de vecinas menos cargadas y podría crearse una nueva partición basándose únicamente en información geográfica.

50 Considerando la arquitectura de una funcionalidad de redistribución están disponibles diferentes opciones suponiendo que las medidas relacionadas con la carga se realizan siempre mediante estaciones base.

55 Preferentemente un sistema de gestión centralizada podría coordinar la redistribución. Un sistema de gestión centralizada de este tipo podría proporcionar las mejores redistribuciones posibles y el mejor efecto de ahorro de energía posible.

En una realización concreta el sistema de gestión podría recoger medidas de carga a partir de estaciones base periódicamente o bajo demanda cuando una partición sobrecargada pida un proceso de redistribución.

60 Debido al aprovisionamiento de la carga y/o información de movilidad mediante las estaciones base, la invención podría proporcionar un método en el que las estaciones base tomen la decisión para la redistribución de manera colectiva.

65 Podría proporcionarse una segunda opción de arquitectura mediante un método, en el que las estaciones base sobrecargadas pudieran intercambiar información de carga con estaciones base vecinas para realizar la redistribución de manera iterativa intercambiando continuamente información de carga después de cada etapa.

El método en el que las estaciones base sobrecargadas intercambian información de carga con estaciones base vecinas podría diseñarse como el método distribuido. Especialmente en un método distribuido de este tipo se prefiere proporcionar un mecanismo de coordinación para evitar problemas de sincronización en la redistribución.

5 Dependiendo de la situación individual podría hacerse un apagado de una estación base de manera incremental en diferentes niveles. En otras palabras, el apagado de una estación base no es necesariamente una desconexión completa de la estación base.

10 Generalmente, la demanda de tráfico o la carga de tráfico podrían equilibrarse entre las particiones para asegurar una operación fiable y de ahorro de energía de la red. Preferentemente, el equilibrio podría realizarse basándose en restricciones de localización geográfica, manteniendo baja una movilidad entre particiones del anfitrión o los anfitriones.

15 Para evitar interferencia entre las estaciones base la redistribución podría combinarse con una gestión de recursos de radio entre las estaciones base para evitar o al menos reducir los efectos de interferencia

20 Darse cuenta de la importancia y de la ausencia de una metodología existente, que identifique de una manera colectivamente coordinada las estaciones base apropiadas a desconectarse y conectarse en tiempos distintos de pico, es la motivación para esta invención. Tal metodología tiene por objeto crear la disposición de ahorro de energía óptima inicial y proporcionar también un medio para conservar tales ahorros de energía redistribuyendo asociaciones entre estaciones base conectadas y desconectadas o como alternativa determinar la estación base óptima a despertar si el proceso de redistribución falla. Los escenarios adicionales de interés incluyen el desarrollo de cobertura de radio en redes empresariales de campus o grandes desarrollos en interiores en general, donde las estaciones base normalmente se solapan entre sí en gran medida.

25 Esta invención amplía las propuestas de conservación de energía actuales introduciendo subconjuntos de estaciones base conectadas y desconectadas, basándose preferentemente en información de carga, movilidad y geográfica. En una realización preferida tales subconjuntos particionan la red con el objetivo de apagar la mayoría de las estaciones base aumentando la cobertura de las que se mantienen conectadas. Preferentemente, la invención propuesta identifica la localización de las estaciones base despiertas, crea particiones de energía y define métodos para realizar redistribuciones en caso de un cambio de carga o de movilidad para asegurar el mantenimiento de consumo mínimo de energía. En caso de la solución de redistribución no factible, nuestra invención especifica un método preferido para identificar la estación base a encender dentro del subconjunto problemático.

30 Son aspectos importantes de las realizaciones preferidas de la invención:

- Introducir las particiones de la red como un método de ahorro de energía coordinado que mantiene asociaciones entre estaciones base encendidas y apagadas.
- Realizar ahorro de energía basándose en importancia de carga de radio, red y hardware, movilidad, localización de las estaciones base e información geográfica.
- Proporcionar métodos para conservar ahorro de energía realizando redistribución de partición de energía cuando cambien condiciones de carga o de movilidad.
- Definir un método para seleccionar la estación base en caso de redistribución de partición no factible.

35 Existen diversas maneras de cómo diseñar y desarrollar adicionalmente la enseñanza de la presente invención de una manera ventajosa. Para este fin se ha de hacer referencia a las reivindicaciones de patente subordinadas a la reivindicación de patente 1 por un lado y a la siguiente explicación de realizaciones preferidas de la invención a modo de ejemplo, ilustradas mediante las figuras por otro lado. En relación con la explicación de las realizaciones preferidas de la invención mediante la ayuda de las figuras, se explicarán en general las realizaciones preferidas y desarrollos adicionales de la enseñanza. En los dibujos

50 La Figura 1 ilustra esquemáticamente la disposición de asociaciones de estaciones base encendidas y apagadas empezando desde una configuración de tráfico pico y dando como resultado una configuración de tráfico distinta de pico,

60 La Figura 2 ilustra esquemáticamente un ejemplo de un proceso de redistribución con la disposición inicial en el lado izquierdo,

La Figura 3 ilustra en un diagrama de bloques una vista general de un ejemplo preferido de un método de ahorro de energía de acuerdo con la invención y

65 La Figura 4 ilustra un ejemplo adicionalmente de una redistribución donde se redistribuye una partición de energía y

parte de la funcionalidad de la estación base activa se mueve a una estación base diferente en otra localización.

5 La Figura 1 muestra una realización en la que se ha cambiado una configuración de tráfico pico con todas las estaciones base encendidas en una configuración de tráfico distinta de pico con tres particiones teniendo cada una una estación base encendida y estaciones base adicionales apagadas. Cada estación base encendida cubre regiones de estaciones base anteriormente encendidas. Por lo tanto, la configuración de tráfico distinta de pico puede ahorrar energía en comparación con la configuración de tráfico pico anterior. Las restantes estaciones base encendidas se reconfiguran con respecto a la inclinación de antena y potencia de canal piloto.

10 Después de haber creado una disposición de ahorro de energía óptima inicial podría cambiarse el tráfico y/o movilidad, de modo que sea necesaria una redistribución para conservar los efectos de ahorro de energía.

15 La Figura 2 muestra un ejemplo de un proceso de redistribución con la disposición inicial en el lado izquierdo, donde la partición de energía A experimenta congestión debido a las alternancias de carga y la redistribución equilibra la carga y mantiene un número constante de estaciones base operando, como se muestra en el lado derecho. En cada partición se muestra un indicador de carga con un umbral th . De acuerdo con este indicador la partición de energía A en el lado izquierdo está sobrecargada.

20 El proceso de redistribución o unión puede no ser factible cuando todas las particiones vecinas están igualmente sobrecargadas o debido a limitaciones geográficas. En este caso, resolver la sobrecarga requiere despertar una estación base más en el área de cobertura de la partición sobrecargada. La selección de tal estación base debería basarse en la información geográfica, con el objetivo de identificar una estación base que pudiera manejar con más flexibilidad la carga asociada con la partición de energía existente (estación base encendida). Se ilustra a continuación un algoritmo propuesto preferido para seleccionar estaciones base a encender dentro de la partición problemática.

Algoritmo para seleccionar estación base a encender

- 30 1. calcular distancias relativas entre BS (Estación Base) de partición
 2. si BS cubre potencialmente el área de partición
 3. seleccionar la BS con la máxima cobertura vecina o potencial para la carga resultante, preferentemente en la menor distancia
 4. sino
 35 5. seleccionar la BS que proporciona la máxima cobertura
 6. fin
 7. encender BS seleccionada
 8. actualizar interfaz y lista_(n)
 9. dividir la partición en dos regiones basándose en información geográfica
 40 10. traspasar UE (Equipo de Usuario) a nueva BS asociada con su región geográfica
 11. ajustar límite de nuevas particiones de manera iterativa hasta que se optimicen P_{Carga} y P_{Rm} (Rm = Tasa de movilidad)

45 Inicialmente el algoritmo calcula las distancias relativas de las estaciones base dentro de la partición basándose en coordenadas preasignadas o información de GPS. Cuando se completa tal cálculo, el algoritmo podría determinar el conjunto de estaciones base apagadas que puedan proporcionar potencialmente cobertura a toda la partición una vez que se enciendan. Si ese conjunto está vacío el algoritmo determina un conjunto de estaciones base que proporcione máxima cobertura. En cualquier caso, se realiza el desempate usando la mínima distancia desde la estación base encendida como la restricción. Una vez que se selecciona la estación base encendida tiene lugar las actualizaciones esenciales incluyendo la actualización de la interfaz y la lista_(n) de vecinas así como de los traspasos necesarios. En consecuencia, la partición original se divide en dos regiones o particiones basándose en información geográfica.

55 Se ilustra en la figura 3 una vista general de un ejemplo preferido del método de ahorro de energía propuesto. Cada estación base despierta o encendida monitoriza la carga y movilidad de su partición de energía y en caso de un problema recoge y procesa la información relacionada desde sus particiones vecinas. Si existe al menos una partición vecina no sobrecargada, se aplica el método de redistribución; de otra manera otro algoritmo intenta identificar una estación base para despertarla dentro de la partición sobrecargada basándose en la flexibilidad de equilibrio de carga con la existente despierta.

60 Podría añadirse el caso de unir particiones:

“si están “subcargadas”, seleccionar una partición para unir con – incluyendo probar si la partición combinada excede el umbral de carga – y unir”

65

A diferencia del proceso de creación de partición inicial, la información de carga y movilidad ahora está basada en mediciones de partición de energía, que son suficientes para identificar problemas pero insuficientes para realizar reasignaciones. Puesto que la partición sobrecargada no tiene información acerca de la distribución de la carga dentro de su propia área o la localización de posibles puntos calientes, es difícil asociar tal carga extra con las restantes estaciones base dormidas. Para superar tal ausencia de información se proponen los siguientes diferentes enfoques:

- Despertar estaciones base seleccionadas, preferentemente de manera brusca para únicamente dar información, o usar redes externas como redes de sensores para medir la distribución de carga e información de movilidad.
- Estimar la carga y movilidad basándose en información de avance de tiempo y mediciones de equipo de usuario desde estaciones base adyacentes como se propone en el documento US 6.321.083 B1.
- Suponer una redistribución de la partición problemática basándose en la información disponible y medir de manera reactiva su impacto en la carga y movilidad para reajustarla adicionalmente de manera iterativa en caso de una solución no satisfactoria.

Cada enfoque produce un grado diferente de precisión con respecto a información de carga y movilidad, relacionado también con la tara de tal intercambio y la complejidad de desarrollo. Cuanto más precisa es la medición de carga y movilidad, mejor es la calidad de la solución de redistribución. Los algoritmos de partición de grafos de mejora interactiva, véase G. Karypis, V. Kumar, "A Fast and High quality Multilevel Scheme for partitioning Irregular Graphs", SIAM Journal on Scientific Computing, Vol. 20, N° 1, agosto de 1998, son buenos candidatos para crear inicialmente y redistribuir particiones de energía basándose en información precisa o estimada y pueden manejar de manera eficaz múltiples restricciones considerando:

1. Las estaciones base como nodos de grafo y la capacidad para traspasar entre estaciones base vecinas como un enlace incidente o enlace entre dos nodos de grafo.
2. Múltiples restricciones de carga como pesos de nodo, preferentemente al menos tres.
3. Tasas de movilidad como el peso de enlaces entre dos nodos.
4. Información geográfica con respecto al posicionamiento de cada estación base.

En caso de no información de detalle acerca de la carga o movilidad, se realiza una suposición con los siguientes objetivos:

- Intercambiar conjuntos asociados de estaciones base (dos o más estaciones base) y mover de manera iterativa la funcionalidad de la estación base encendida de las particiones de energía problemáticas hacia la partición vecina con la menor carga y viceversa.
- Dividir la partición de energía sobrecargada en el número de vecinas menos cargadas y crear nuevas particiones de energía aleatorias basándose únicamente en información geográfica.

La figura 4 demuestra un ejemplo donde se redistribuye una partición de energía y la funcionalidad de la estación base activa se mueve en una estación base diferente en otra localización. Específicamente, la partición de energía A está sobrecargada debido a la disposición actual, que se ve afectada por la presencia del punto caliente indicado. Redistribuyendo las particiones de una manera diferente existe la oportunidad de compartir la carga del punto caliente entre particiones vecinas A y D, y en consecuencia ahorrar energía utilizando mejor el consumo de recursos de la red y evitando conectar otra estación base.

Considerando la arquitectura de la funcionalidad de redistribución están disponibles las siguientes opciones suponiendo que siempre se realizan medidas relacionadas con carga mediante las estaciones base:

- *Centralizada*: el sistema de OAM (Operaciones, Administración y Mantenimiento) recoge medidas de carga desde las estaciones base periódicas o bajo demanda cuando una partición de energía sobrecargada pide un proceso de redistribución.
- *Distribuida*: las estaciones base sobrecargadas intercambian información de carga con estaciones base vecinas para realizar la redistribución de particiones de energía de manera iterativa continuando intercambiando la información de carga después de cada etapa.

Cabe destacar que en ambos enfoques de redistribución, las iteraciones podrían realizarse en serie o en paralelo dependiendo de la velocidad de ejecución y tara deseadas.

Adicionalmente, debería observarse que apagar una estación base en el sentido de la presente invención puede hacerse de manera incremental, con diferentes niveles de ahorros de energía. Apagar únicamente las partes de radio o los procesadores de las estaciones base, es una opción deseada mientras que reducir la refrigeración del sitio de la instalación de la estación base o cortar completamente la alimentación es el último fin. El nivel de reducción de energía dependerá típicamente de la duración en la que se espera que se apague la estación base y el coste en términos de energía y tiempo para cambiar entre estados de alimentación. Ciertamente la reducción del consumo de energía depende también del algoritmo en uso y de la precisión de la información disponible para el

proceso de redistribución. Finalmente el esquema propuesto considera las disposiciones de celda de sector y antenas dirigidas.

Se ilustran a continuación algoritmos de ahorro de energía centralizados y distribuidos preferidos para crear particiones iniciales y/o disponer particiones basándose en información precisa o estimada. Considerando la versión distribuida, un mecanismo de coordinación, que evita conflicto entre decisiones de ahorro de energía de estaciones base vecinas, es esencial para evitar problemas de sincronización. Basándose en este mecanismo cada estación base BS, con carga por debajo de un umbral especificado y lista de vecinas en un alcance de cobertura encuentra la estación base vecina de mínima carga con los máximos empates de tasa de movilidad $R_{(m)}$ basándose en información geográfica. Con la condición de que la carga resumida de las dos estaciones base esté por debajo del umbral L_{th} el algoritmo continúa para determinar la estación base a encender y a apagar respectivamente. De otra manera el proceso termina para esa estación base particular y continúa en otra. Al determinar la estación base a encender $BS_{(pon)}$, el algoritmo selecciona una, que proporciona el potencial para cubrir el máximo número de estaciones base vecinas incluyendo los siguientes casos:

$BS_{(pon)} = \text{lista}_{(n)}$ máxima en mínima distancia,

$BS_{(pon)} = \text{lista}_{(n)}$ máxima con mínima suma de Carga,

donde $\text{lista}_{(n)}$ es la lista de vecinas. Una vez que se identifica la estación base encendida tiene lugar el proceso de actualización que incluye las interfaces y lista de vecinas así como la nueva actualización de tasas de Carga y movilidad de la estación base encendida antes del traspaso de los anfitriones móviles o equipo de usuario (UE) a la estación base encendida. La estación base encendida se considera adicionalmente en el proceso que se lleva a cabo hasta que no haya más margen de mejora debido a las restricciones de carga-movilidad o geográficas.

Algoritmo de ahorro de energía distribuido basándose en carga

1. mientras Carga $< L_{th}$ y $BS_{(loc\ geo)} < Dist_{th}$
2. encontrar vecina de mínima Carga con máxima $R_{(m)}$ o $R_{(m)} > m_{th}$
3. desempates basándose en información geográfica
4. si suma Carga $< L_{th}$
5. $BS_{(pon)} = BS$ con potencial para cubrir máximo número de BS vecinas
6. traspasar UE a BS encendida
7. actualizar interfaz y $\text{lista}_{(n)}$
8. actualizar Carga a $\text{lista}_{(n)}$
9. fin
10. fin

Algoritmo de ahorro de energía centralizado basándose en máxima lista de vecinas

1. seleccionar BS con desempates de vecinas de máxima $\text{lista}_{(n)}$ basándose en Carga
2. mientras Carga $< L_{th}$ y $BS_{(loc\ geo)} < Dist_{th}$
3. encontrar vecina de mínima Carga con máxima $R_{(m)}$ o $R > m_{th}$
4. desempatar basándose en información geográfica
5. si sumar Carga $< L_{th}$
6. rastreo de BS apagada y asociación con BS encendida
7. sino
8. escapar
9. fin
10. Carga = sumar Carga
11. fin
12. traspasar UE a BS encendida
13. actualizar interfaz y $\text{lista}_{(n)}$
14. actualizar Carga a $\text{lista}_{(n)}$

En términos de la versión centralizada, el algoritmo propuesto selecciona la estación base con la lista de vecinas máxima indicada como desempates de $\text{lista}_{(n)}$ basándose en restricciones de carga. Una vez que se selecciona tal estación base el algoritmo comprueba la carga y distancia desde sus estaciones base vecinas. Con la condición de que la estación base seleccionada no esté sobrecargada y su lista de vecinas contenga estaciones base en su alcance de cobertura, identifica la estación base vecina con la mínima carga y/o tasa de movilidad por encima del umbral especificado. Se realiza de nuevo el desempate basándose en la información geográfica. Si la suma de carga de las estaciones base seleccionadas está por debajo del umbral especificado el algoritmo actualiza los parámetros de carga apropiados y continúa hasta que la suma de la carga supere tal umbral o hasta que no haya más mejora debido a las tasas de movilidad y/o limitaciones geográficas. Cuando se completa el proceso el algoritmo ordena a la estación base apropiada ejecutar las actualizaciones esenciales y el traspaso de UE.

Cabe destacar que la versión centralizada podría también ejecutar el algoritmo distribuido previamente descrito requiriendo cambios menores en la selección del proceso de la estación base de carga mínima. En particular, un algoritmo centralizado seleccionaría la estación base de carga mínima en lugar de usar compensaciones de tiempo y continuar de una manera similar.

5 El proceso de redistribución se activa cuando la carga de la partición P_{Carga} es mayor que el umbral de carga L_{th} o cuando la tasa de movilidad de P_{Rm} entre particiones adyacentes es mayor que el valor de la tasa de movilidad predefinida m_{th} . En cualquier caso, la partición problemática encuentra la mínima carga o la partición vecina de máxima tasa de movilidad. A continuación selecciona una estación base desde su lista de vecinas o usando información de GPS próxima a la partición vecina objetivo. A continuación comprueba si la nueva posición de la estación base encendida cubre geográficamente la partición completa. En caso de que la posición de la nueva estación base encendida no esté cubriendo toda la partición el algoritmo pide a las estaciones base vecinas hacia el hueco de cobertura para extender su alcance de potencia/inclinación. En caso de un fallo la partición más próxima realiza un proceso de redistribución encendiendo una estación base más próxima al hueco de cobertura.

15 Una vez que se resuelven los problemas de huecos de cobertura la estación base seleccionada se enciende, seguido por las actualizaciones de la interfaz esencial y la lista de vecinas antes de que tenga lugar el traspaso del UE. La nueva estación base encendida monitoriza la nueva carga y tasas de movilidad asociadas con la nueva posición y disposición de partición. Una nueva disposición satisfactoria produce que el algoritmo termine, de otra manera continúa hasta que se identifique una solución o no haya más margen de mejora.

Algoritmo de redistribución iterativa de ahorro de energía

1. mientras $P_{Carga} > L_{th}$ o $P_{Rm} > m_{th}$
- 25 2. encontrar vecina de mínima P_{Carga} o máxima P_{Rm}
3. seleccionar BS vecina con mínima Distancia hacia partición objetivo
4. si nueva $BS_{(pon)}$ no puede cubrir área de partición
5. pedir a partición vecina extender cobertura
6. si cobertura extendida crea agujeros
- 30 7. pedir a la BS de la partición vecina de distancia más próxima realizar redistribución
8. fin
9. fin
10. encender BS seleccionada
11. traspasar UE
- 35 12. actualizar interfaz y lista_(n)
13. monitorizar nueva información de carga y de movilidad
14. fin

40 El segundo algoritmo de redistribución alternativo, divide la partición problemática en al menos dos sub-particiones y a continuación basándose en esto intenta reensamblar las particiones que podrían adoptar también el enfoque iterativo de tal proceso de reensamblaje.

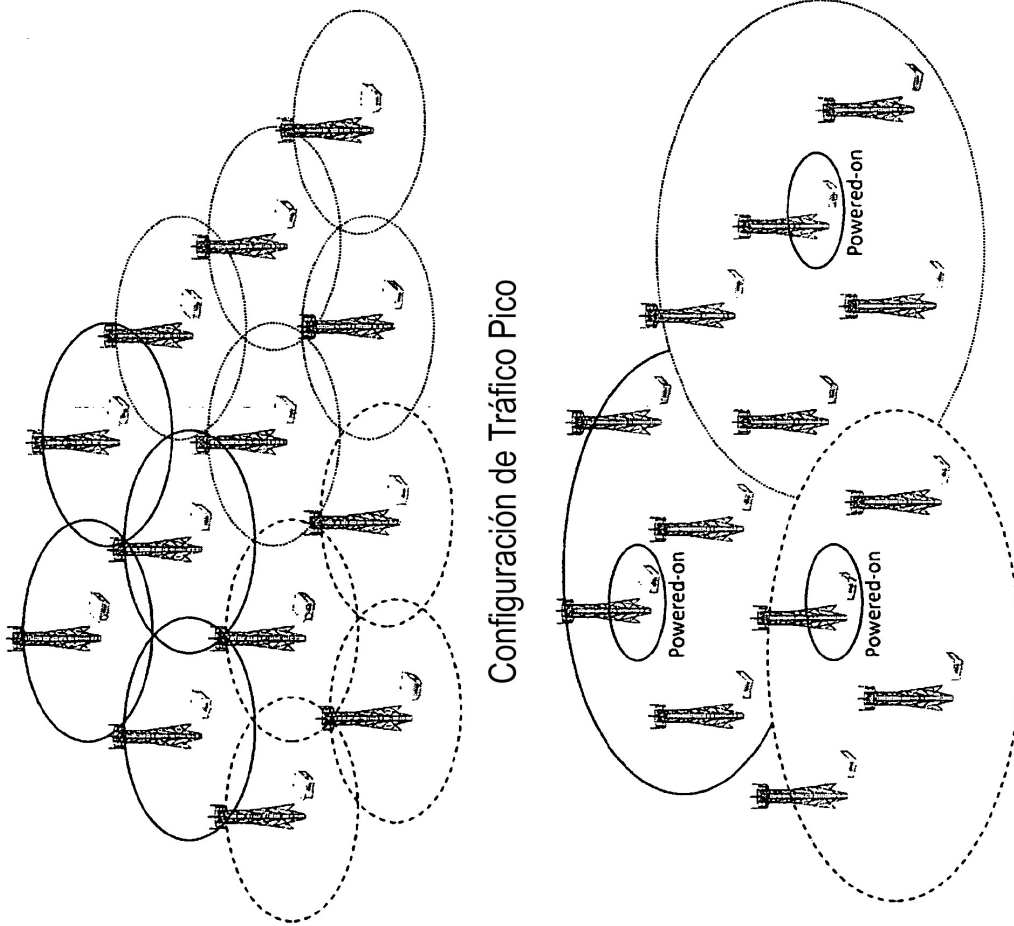
45 En comparación con el estado actual de la técnica esta invención proporciona un método para aumentar los ahorros de energía en redes celulares urbanas inalámbricas y en consecuencia producir ahorros de coste de operación más altos para los operadores de red, mientras que es más amigable con el entorno.

50 Muchas modificaciones y otras realizaciones de la invención expuestas en el presente documento pueden ocurrírsele al experto en la materia a la que pertenece la invención que tiene el beneficio de las enseñanzas presentadas en la descripción anterior y los dibujos adjuntos. Por lo tanto, se ha de entender que la invención no se ha de limitar a las realizaciones específicas desveladas y que están incluidas modificaciones y otras realizaciones en el alcance de las reivindicaciones adjuntas. Aunque se emplean términos específicos en el presente documento, se usan en un sentido genérico y descriptivo únicamente y no para fines de limitación.

REIVINDICACIONES

1. Un método para operar una red de radio inalámbrica, en el que la red de radio inalámbrica comprende una red principal, un número de estaciones base y al menos un anfitrión móvil para comunicación inalámbrica mediante al menos una estación base,
 5 en el que con respecto a una configuración de tráfico pico donde todas las estaciones base de la red de radio inalámbrica están encendidas, el método, durante una configuración de tráfico distinta de pico, define particiones de estaciones base donde una partición de estaciones base es una asociación de estaciones base encendidas y apagadas donde cada estación base encendida puede cubrir regiones de estaciones base anteriormente encendidas
 10 y en el que en las particiones de estaciones base creadas puede mantenerse un número mínimo o el número más pequeño posible de estaciones base encendidas que sean necesarias para satisfacer una demanda de tráfico actual, en el que todas las restantes estaciones base en una partición que no son necesarias para satisfacer una demanda de tráfico actual pueden apagarse,
 15 caracterizado por que, cuando se crean estas particiones de estaciones base, si las condiciones de carga o la movilidad entre las particiones vecinas cambia, puede realizarse una redistribución de las particiones de estaciones base cambiando la asociación entre las estaciones base encendidas y las apagadas, en el que una funcionalidad de una estación base encendida de una partición se moverá hacia una estación base de una partición vecina con una carga baja o la más baja y viceversa.
 20
2. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la asociación está basada en al menos un parámetro de carga que considera carga de tráfico o recursos de radio o de red o limitaciones de carga de hardware de estación base o
 25 en el que la asociación está basada en información geográfica relacionada con la localización física de cada estación base o en el que la asociación está basada en características de movilidad que incluyen velocidad, dirección, tiempos de permanencia o patrones de movilidad históricos de al menos un anfitrión o en el que la asociación está basada en importancia de estaciones base en la red en términos de topología de enlaces físicos.
 30
3. Un método de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 o 2, en el que – dependiendo de una variación o cambio de un parámetro de carga o una característica de movilidad de un anfitrión – se realizará una redistribución de las particiones de estaciones base.
- 35 4. Un método de acuerdo con la reivindicación 3, en el que la redistribución se realizará apagando al menos una estación base actualmente activa o en el que la redistribución se realizará encendiendo al menos una estación base inactiva seleccionada.
- 40 5. Un método de acuerdo con la reivindicación 3 o 4, en el que se aumentará una cobertura de al menos una estación base encendida o en el que se reconfigurará la inclinación de la antena o la potencia del canal piloto de al menos una estación base, mientras que al menos otra estación base se apagará.
- 45 6. Un método de acuerdo con una de las reivindicación 3 a 5, en el que la redistribución se realizará uniendo particiones existentes.
7. Un método de acuerdo con una de las reivindicaciones 3 a 6, en el que la redistribución comprende un desplazamiento de carga de red desde una estación base a una estación base de carga alta o la más alta o en el que la redistribución comprende un desplazamiento de una parte de la carga de red desde una estación base a otra estación base.
 50
8. Un método de acuerdo con una de las reivindicaciones 3 a 7, en el que se realizará un procedimiento de selección de una estación base a encender, si no es posible redistribución factible o en el que un procedimiento de selección de una estación base a encender comprende un cálculo de distancias
 55 relativas entre estaciones base en una partición o en el que un procedimiento de selección de una estación base a encender comprende una determinación de al menos una estación base apagada que puede proporcionar potencialmente cobertura de toda la partición o una determinación de al menos una estación base apagada que puede proporcionar una máxima cobertura en la partición.
 60
9. Un método de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 8, en el que un número definible de estaciones base encendidas o cada estación base encendida monitoriza la carga de tráfico o movilidad en su partición.
- 65 10. Un método de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 9, en el que la distribución de carga de tráfico o movilidad se medirá despertando estaciones base seleccionadas bruscamente para únicamente dar información o se medirá mediante redes externas o redes de sensores o

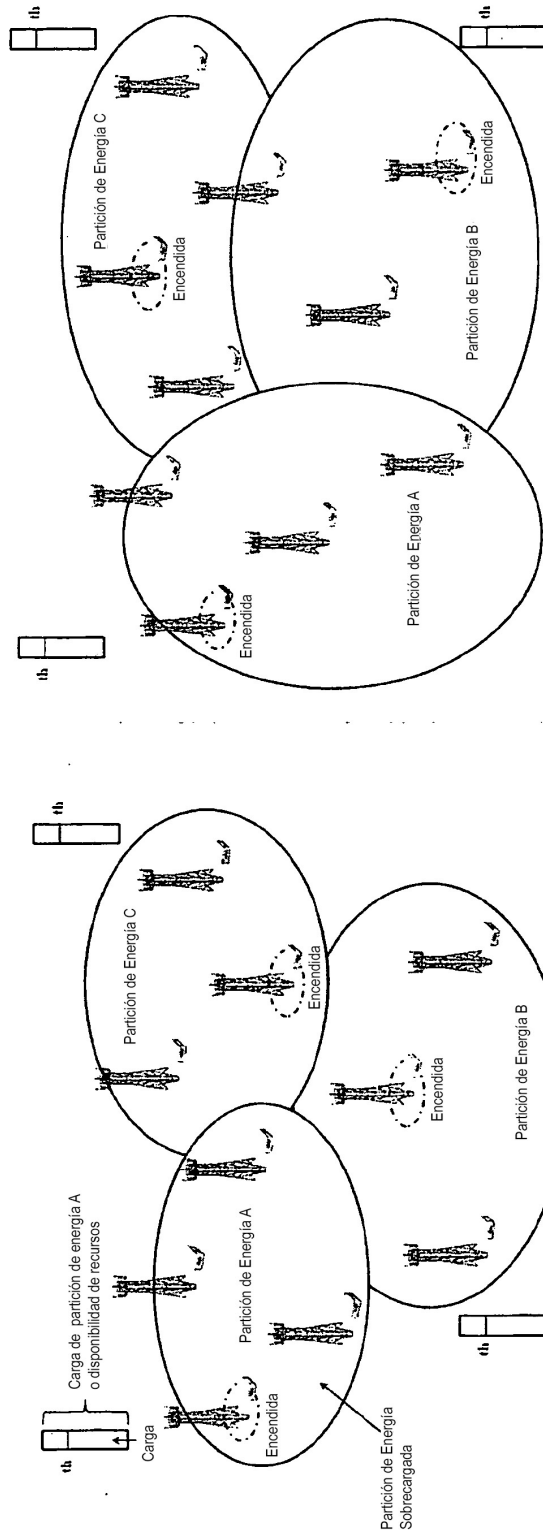
- en el que la carga de tráfico o movilidad se estimará basándose en información de avance de tiempo y mediciones de equipo de usuario desde estaciones base adyacentes o
 en el que se supondrá una redistribución de una partición basándose en información de carga de tráfico o de
 5 movilidad disponible y se medirá su impacto en la carga o movilidad para reajustarla adicionalmente de manera iterativa en caso de una solución no satisfactoria.
11. Un método de acuerdo con una de las reivindicaciones 3 a 10, en el que un sistema de gestión centralizado coordina la redistribución.
- 10 12. Un método de acuerdo con una de las reivindicaciones 3 a 11, en el que las estaciones base toman de manera colectiva la decisión para la redistribución o
 en el que las estaciones base sobrecargadas intercambian información de carga con estaciones base vecinas para realizar la redistribución de manera iterativa continuando intercambiando información de carga después de cada
 15 etapa o
 en el que se proporcionará un mecanismo de coordinación para evitar problemas de sincronización en la redistribución.
13. Un método de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 12, en el que el apagado de una estación base se
 20 hará de manera incremental en diferentes niveles o
 en el que se equilibrará la demanda de tráfico o la carga de tráfico entre las particiones, en el que el equilibrio se realizará basándose en las restricciones de localización geográficas, manteniendo baja una movilidad entre particiones del anfitrión o anfitriones.
- 25 14. Un método de acuerdo con una de las reivindicaciones 3 a 13, en el que la redistribución se combinará con una gestión de recursos de radio entre las estaciones base para evitar efectos de interferencia.
15. Una red de radio inalámbrica que comprende una red principal, un número de estaciones base, al menos un
 anfitrión móvil para comunicación inalámbrica mediante al menos una estación base, y medios para disponer una
 30 asociación de estaciones base encendidas y apagadas,
 en la que con respecto a una configuración de tráfico pico donde todas las estaciones base de la red de radio inalámbrica están encendidas, dichos medios, durante una configuración de tráfico distinta de pico, definen
 particiones de estaciones base donde una partición de estaciones base es una asociación de estaciones base
 encendidas y apagadas donde cada estación base encendida puede cubrir regiones de estaciones base
 35 anteriormente encendidas, y
 en el que dichos medios pueden mantener en las particiones de estaciones base creadas un número mínimo o el
 número más pequeño posible de estaciones base encendidas que sean necesarias para satisfacer una demanda de
 tráfico actual, en el que dichos medios pueden apagar todas las estaciones base restantes en una partición que no
 sean necesarias para satisfacer una demanda de tráfico actual,
 40 caracterizado por que, cuando se crean estas particiones de estación base mediante dichos medios, si las
 condiciones de carga o la movilidad entre las particiones vecinas cambian, puede realizarse una redistribución de las
 particiones de estaciones base cambiando la asociación entre las estaciones base encendidas y apagadas mediante
 dichos medios, en el que - mediante dichos medios - una funcionalidad de una estación base encendida de una
 partición se moverá hacia una estación base de una partición vecina con una carga baja o la más baja y viceversa.



Configuración de Tráfico Pico

Fig. 1

Configuración de Tráfico distinta de Pico



Reconfiguración de partición de energía

Disposición de partición de energía inicial

Fig. 2

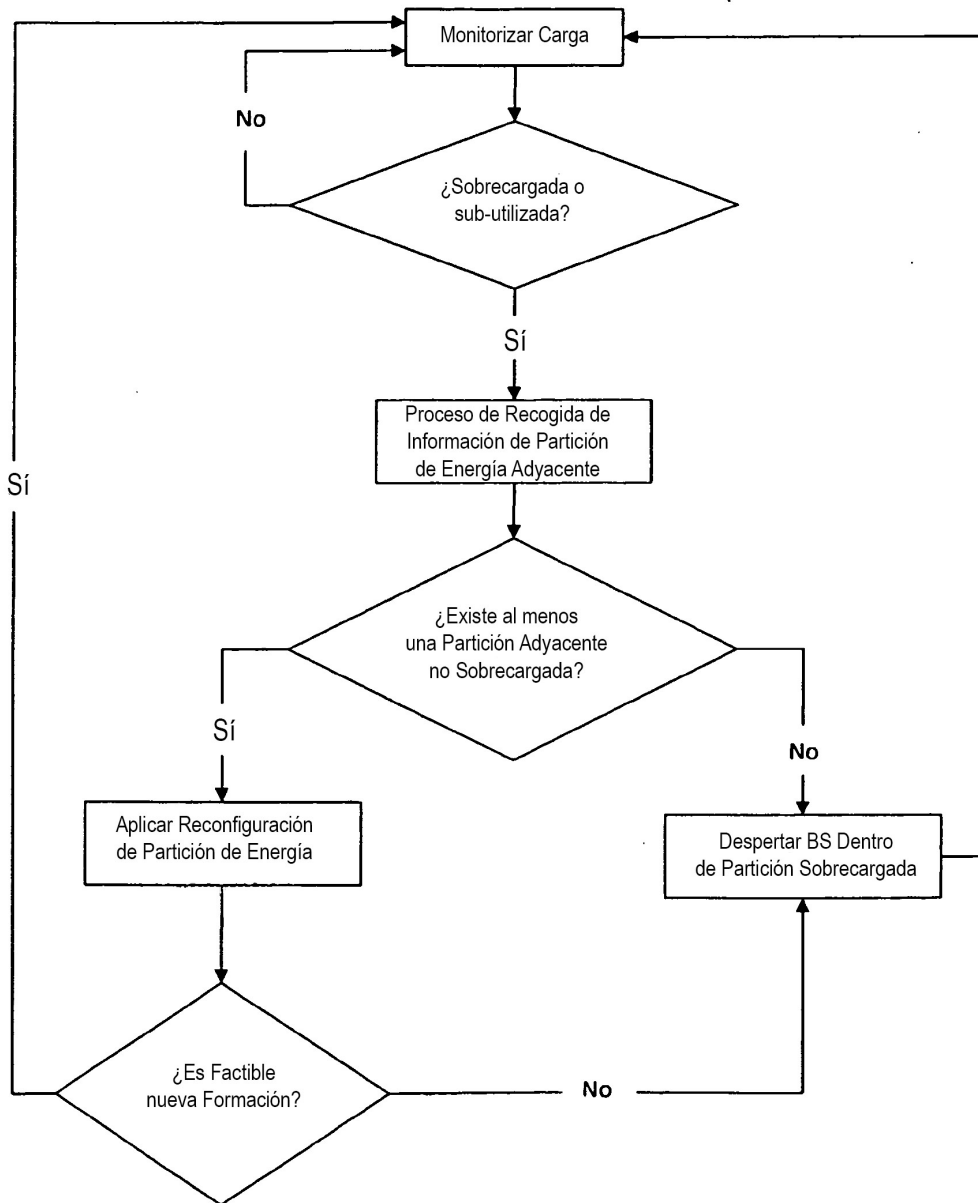


Fig. 3

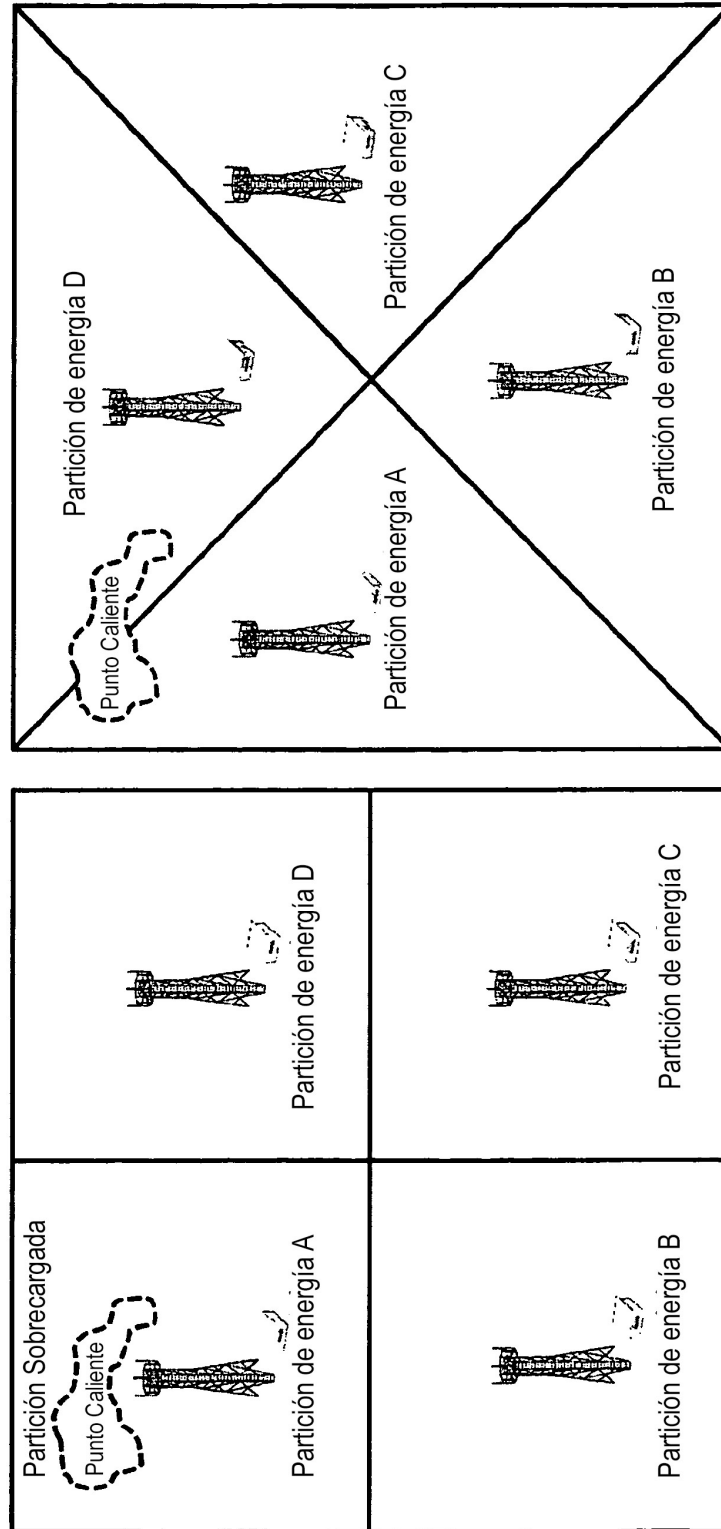


Fig. 4