



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 312 821**

51 Int. Cl.:  
**H04Q 7/36** (2006.01)  
**H04Q 7/34** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **03768128 .5**  
96 Fecha de presentación : **28.11.2003**  
97 Número de publicación de la solicitud: **1688008**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **09.08.2006**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo para la evaluación del rendimiento de una red de telefonía móvil.**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**01.03.2009**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**01.03.2009**

73 Titular/es: **Telecom Italia S.p.A.**  
**Piazza degli Affari 2**  
**20123 Milano, IT**

72 Inventor/es: **Ferrato, Marco;**  
**Franceschini, Daniele;**  
**Guerrini, Claudio;**  
**Ludovico, Michele y**  
**Zucca, Enrico**

74 Agente: **Ponti Sales, Adelaida**

ES 2 312 821 T3

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

## DESCRIPCIÓN

Procedimiento y dispositivo para la evaluación del rendimiento de una red de telefonía móvil.

5 La presente invención se refiere de forma general al campo de la telefonía móvil y en concreto a una red de telefonía móvil de servicio múltiple. Más concretamente, la presente invención se refiere a un procedimiento de evaluación del rendimiento de una red de telefonía móvil de segunda o tercera generación basada, por ejemplo, en el estándar CDMA, el estándar CDMA 2000, el estándar W-CDMA o el estándar EDGE (evolución de la red de telefonía móvil GSM/GPRS).

10 Cuando se planifica una red, se requiere que los diseñadores prevean el rendimiento de la red sobre la base de datos geográficos, de la configuración de la red y de la demanda de servicio esperada. Las herramientas que simulan el funcionamiento de una red proporcionan un procedimiento práctico para la planificación de una red. Las herramientas de planificación de red permiten a los diseñadores simular el funcionamiento de varias configuraciones de red, y  
15 modificar la red sobre la base de los datos estadísticos que se obtienen como resultado de la simulación.

Las herramientas de simulación de red celular UMTS disponibles actualmente se basan en su mayor parte en simulaciones del tipo estático.

20 US 6.111.857 describe una herramienta de planificación de red en la cual la simulación se realiza utilizando un conjunto de bases de datos que contienen informaciones de terreno y población asociadas con el área de mercado sobre la cual se configura la red. Para realizar la simulación se genera una matriz de pérdida de propagación compuesta y un vector de demanda y servicio, utilizando la información de terreno y población, así como la configuración de la red de telecomunicaciones inalámbricas. Cuando se han generado la matriz de pérdida de propagación compuesta y  
25 el vector de demanda y servicio, se realiza un análisis del enlace ascendente. A continuación, se realiza un análisis del enlace descendente. Tanto durante el análisis del enlace ascendente como del descendente se realizan las múltiples iteraciones de análisis hasta que se alcanza un resultado estable. Después de terminar el análisis del enlace ascendente y del descendente, se muestran de forma gráfica los resultados de la simulación para su análisis.

30 WO 03/003775 describe una herramienta de planificación de red inalámbrica que simula el funcionamiento de redes inalámbricas, comprendiendo el procesado de admisión de suscriptor, basándose en sofisticados análisis de enlace ascendente y descendente que comprenden procedimientos de degradación de datos. Los suscriptores se asocian con un tipo de aplicación, donde cada tipo de aplicación preferiblemente presenta velocidades de datos máxima y mínima y una o más tasas de degradación. Durante la simulación, la herramienta puede utilizar la degradación al evaluar los  
35 enlaces de comunicación descendentes y ascendentes entre suscriptores y sus sectores asociados (estaciones base). Un suscriptor que no puede cerrar un enlace ascendente con un sector dado a una velocidad de datos determinada se puede volver a evaluar a una velocidad menor bajo los procedimientos de “degradación”. El análisis de enlace descendente incorpora procedimientos de degradación similares en la admisión de llamada de enlace descendente.

40 Adicionalmente, EP 1328131 A1 describe un procedimiento y un sistema para la planificación y/o la evaluación de la capacidad de celda en redes radioeléctricas (CDMA) que comprenden por lo menos una estación base que define por lo menos una celda. La estimación de la capacidad de la celda en enlace ascendente y la estimación de la capacidad de la celda en enlace descendente se realizan ambas por medio de sumar una cantidad de tráfico ( $T_{BS1,1}$ ;  $T_{BS1,2}$ ) a la celda hasta que se alcanza un valor que representa la capacidad límite ( $L_{min}$ ).

45 Sin embargo, el solicitante ha observado que el rendimiento de una red de telefonía móvil, por ejemplo una red de servicio múltiple, depende en un grado significativo de los procedimientos y/o algoritmos de administración de recurso radioeléctrico (RRM). Esto se debe a que los equipos de administración de recurso radioeléctrico que se incluyen en la red de telefonía móvil requieren la utilización de una multiplicidad de procedimientos y/o algoritmos de RRM  
50 que comprenden, por ejemplo, los de control de admisión, control de congestión, las funciones de control que se utilizan cuando un usuario se encuentra en condiciones de fuera de servicio (“control de interrupción de servicio”), la negociación dinámica de la asignación de recurso radioeléctrico, y el control de potencia. Además, los procedimientos y/o algoritmos de RRM pueden tener en cuenta los diferentes requerimientos de calidad de servicio (QoS) asociados con los servicios.

55 El solicitante ha observado también que otro aspecto fundamental de la evaluación del rendimiento de una red de telefonía móvil es la caracterización del tráfico que imponen sobre la red los diferentes servicios implicados. Los datos de tráfico son difíciles de predecir con exactitud, y se encuentran sometidos a una variabilidad extrema. En un procedimiento de planificación y optimización de una red de telefonía móvil a menudo es necesario, por tanto, evaluar  
60 la sensibilidad del rendimiento de la red como función de la variabilidad del tráfico, y en consecuencia es necesario realizar numerosas simulaciones de la red para evaluar el impacto de diferentes escenarios de tráfico sobre la misma red.

65 Se conoce también que existe una relación entre el tiempo de simulación y la exactitud de los resultados de la simulación. Por ejemplo, en el caso de cierto parámetro de rendimiento de la red, la exactitud con la cual el simulador de red puede estimar dicho parámetro depende del número de muestras estáticas recogidas, y en consecuencia de la duración de la simulación misma. Un procedimiento de planificación y optimización puede requerir la realización de un número muy grande de simulaciones de red. Cada simulación puede, a su vez, requerir el análisis de escenarios que

## ES 2 312 821 T3

comprenden un gran número de usuarios y de estaciones base. La minimización del tiempo de simulación es por tanto una condición necesaria para un procedimiento eficiente de planificación y optimización.

5 Por otro lado, existe el riesgo de que dicha minimización se realice a expensas de la exactitud y la fiabilidad de los resultados de la simulación.

Los simuladores dinámicos se utilizan generalmente para evaluar el efecto y/o el impacto de los procedimientos y/o algoritmos de RRM sobre el rendimiento de la red y sobre la planificación de la red.

10 Por ejemplo, WO 02/104055, a nombre del presente solicitante, describe un sistema de simulación dinámico caracterizado por una estructura modular basada en objetos intercambiables que se pueden activar de forma selectiva, y que comprenden un motor de simulación y una pluralidad de módulos que representan a los equipos y elementos de la red a simular. Esta estructura permite al sistema simular redes altamente complejas.

15 Sin embargo, el solicitante ha observado que la evaluación del rendimiento de una red grande requiere tiempos de simulación muy largos.

Recientemente, se ha propuesto otro procedimiento de simulación para la evaluación del rendimiento de una red UMTS sobre la base de un procedimiento de simulación dinámica de plazo corto (simulación STD), que se describe por ejemplo en U. Türke, T. Winter, Ranjit Perera, E. Lamers, E. Meijerink, E. Fledderus y A. Serrador, "Comparison of different simulation approaches for cell performance evaluation", Deliverable D2.2, IST project MOMENTUM, 13 de octubre de 2002.

20 Las simulaciones dinámicas de plazo corto (simulaciones STD) se pueden utilizar para investigar el impacto de la movilidad y la presencia de diferentes configuraciones de servicio y para comprobar que se cumplen los requerimientos de calidad de servicio (QoS). Estas simulaciones proporcionan una cantidad mayor de datos sobre el comportamiento del sistema en comparación con simulaciones del tipo puramente estático, puesto que toman en consideración efectos dinámicos importantes como los requerimientos de dependencia del tiempo de la velocidad de bits del enlace ascendente y descendente, el aumento y descenso del rendimiento asociado con el tráfico de datos "no en tiempo real", y la movilidad de los usuarios.

Además, US 2003/086405 A describe una herramienta de planificación de red inalámbrica que simula el funcionamiento de la red inalámbrica, que comprende el procesado de admisión de subcriptor, basándose en sofisticados análisis de enlace descendente y ascendente que comprenden procedimientos de degradación de datos. Los subcriptores se asocian con un tipo de aplicación, donde cada tipo de aplicación presenta preferiblemente velocidades de datos máxima y mínima y una o más tasas de degradación. Durante la simulación, la herramienta puede utilizar la degradación cuando se evalúan enlaces de comunicación descendentes y ascendentes entre subcriptores y sus sectores asociados (estaciones base). Un subcriptor incapaz de cerrar un enlace ascendente con un sector dado a una velocidad de datos dada, se puede volver a evaluar a una velocidad menor bajo procedimientos de degradación. El análisis de enlace descendente incorpora procedimientos de degradación similares en la admisión de llamada de enlace descendente. Los procedimientos de degradación comprenden ajustes de canal suplementarios adecuados, y ajustes de potencia de enlace descendente y ascendente correspondientes que reflejan las velocidades de datos ajustadas. Los procedimientos de degradación de enlace descendente y ascendente son independientes y permiten velocidades de datos diferentes para cada enlace.

45 WO 03/094538 A2 describe procedimientos, dispositivos y sistemas para simular una red que transporta una mezcla heterogénea de tráfico para evaluar el rendimiento de la red. Los parámetros y la información se proporcionan para definir la configuración de la red y definir cómo se comparten los recursos de la red entre los tipos de tráfico para una ejecución de la simulación. Además, conjuntos de parámetros definen las características de los tipos individuales de tráfico. Durante una ejecución de la simulación, los tipos de tráfico individuales se generan con las características definidas utilizando uno o más modelos. Los tipos individuales de tráfico se agregan a continuación para generar una mezcla conjunta heterogénea de tráfico. Después de generar la mezcla de tráfico, se asignan los recursos de la red. A continuación se recogen las estadísticas de cada ejecución de la simulación para indicar el rendimiento de la red simulada cuando se carga con la mezcla heterogénea de tráfico.

55 El solicitante ha tratado el problema de proporcionar un procedimiento de evaluación del rendimiento de una red de telefonía móvil que se puede utilizar para simular, con exactitud y fiabilidad adecuadas, los procedimientos y/o algoritmos de administración de recurso radioeléctrico, mientras se minimiza el tiempo que se requiere para la simulación.

60 El solicitante ha tratado también el problema de proporcionar un procedimiento de evaluación del rendimiento de una red de telefonía móvil que puede simular una pluralidad de escenarios de tráfico en una única simulación, mientras se proporciona una monitorización adecuada de la exactitud y la fiabilidad de los resultados.

65 El solicitante ha observado que el problema anterior se puede resolver por medio de un procedimiento de evaluación del rendimiento de una red de telefonía móvil que comprende por lo menos una primera y una segunda simulación de una primera y una segunda configuración de red respectivamente, siendo las simulaciones estadísticamente independientes la una de la otra (en otras palabras, ninguna de las dos configuraciones de red se obtiene a partir de la

## ES 2 312 821 T3

otra por medio de evolución a lo largo del tiempo). Cada simulación comprende las siguientes etapas: especificar un número total de usuarios a simular,  $N_{\text{UETOT}}(s)$ ; identificar los bloques de usuario  $N_{\text{UESTEP}}(s)$ , que se incluyen dentro de este número total de usuarios a simular  $N_{\text{UETOT}}(s)$  y que indican una distribución de tráfico; activar dichos bloques de usuario sucesivamente hasta que se alcanza el número total  $N_{\text{UETOT}}(s)$  de usuarios a simular; y procesar por lo menos un evento de administración de recurso radioeléctrico relativo a la distribución de tráfico asociada con cada bloque de usuario activado actualmente. Las simulaciones se repiten hasta que se alcanza un umbral de exactitud, predeterminado para cada tamaño de red que se simula.

Más específicamente, un procedimiento de evaluación del rendimiento de una red de telefonía móvil comprende las etapas de:

- simular una primera configuración de dicha red de telefonía móvil;

- simular una segunda configuración de dicha red de telefonía móvil;

siendo dichas primera y segunda configuración de dicha red de telefonía móvil independientes estadísticamente la una de la otra; comprendiendo cada una de dichas etapas de simulación las etapas de:

- especificar un número total de usuarios a simular,  $N_{\text{UETOT}}(s)$ ; y

estando caracterizada cada una de dichas etapas de simulación por el hecho de que comprenden las etapas de:

- identificar los bloques de usuario comprendidos en dicho número total de usuarios a simular;

- activar dichos bloques de usuario sucesivamente hasta que se alcanza dicho número total de usuarios, indicando cada bloque de usuario una distribución de tráfico; y

- procesar por lo menos un evento de administración de recurso radioeléctrico relacionado con la distribución de tráfico asociada con cada bloque de usuario activado actualmente.

Otro aspecto de la presente invención se refiere a un equipo para simular por lo menos una primera y una segunda configuración de una red de telefonía móvil, siendo dichas primera y segunda configuración de dicha red de telefonía móvil independientes estadísticamente la una de la otra, y comprendiendo cada una un número total de usuarios a simular, estando caracterizado dicho equipo por el hecho de que comprende:

- por lo menos un objeto que representa a un controlador de red que pertenece a dicha red de telefonía móvil; comprendiendo dicho por lo menos único objeto:

- módulos primeros adaptados para identificar bloques de usuario comprendidos dentro de dicho número total de usuarios a simular;

- módulos segundos adaptados para activar dichos bloques de usuario sucesivamente hasta que se alcanza dicho número total de usuarios a simular, indicando cada bloque de usuario una distribución de tráfico; y

- módulos terceros adaptados para procesar por lo menos un evento de administración de recurso radioeléctrico relacionado con la distribución de tráfico asociada con cada bloque de usuario activado.

Otro aspecto de la presente invención se refiere a un producto de programa que se puede cargar en la memoria de por lo menos un ordenador electrónico y que comprende porciones de código de programa para implementar el procedimiento según la presente invención cuando se ejecuta el producto sobre un ordenador: en este contexto, esta nomenclatura se debe considerar totalmente equivalente a la mención de un medio legible por ordenador que comprende instrucciones para controlar una red de ordenador para implementar un procedimiento según la presente invención. La referencia a "por lo menos un ordenador electrónico" tiene la intencionalidad clara de indicar la posibilidad de implementar la solución según la presente invención en un entorno descentralizado.

Otros aspectos preferidos de la presente invención se describen en las reivindicaciones dependientes y en la presente descripción.

Las características y ventajas de la presente invención se harán más claras por medio de la siguiente descripción de una realización, que se proporciona solamente a modo de ejemplo y sin intención restrictiva, con referencia a las figuras adjuntas, en las cuales:

- la figura 1 muestra una arquitectura cliente-servidor para el funcionamiento del procedimiento de evaluación de rendimiento de una red de telefonía móvil, por ejemplo una red de servicio múltiple, según la presente invención;

- la figura 2 muestra objetos de simulación que se utilizan en el procedimiento de evaluación según la presente invención;

## ES 2 312 821 T3

- las figuras 3 y 4 muestran estructuras de datos que se utilizan en el procedimiento de evaluación según la presente invención; y

- las figuras 5 y 6 muestran diagramas de flujo relativos al procedimiento de evaluación según la presente invención.

5

En referencia a la figura 1, el procedimiento para la evaluación del rendimiento de una red de telefonía móvil según la presente invención puede funcionar por medio de una arquitectura cliente-servidor 1, de un tipo conocido, que se describe a continuación. A modo de ejemplo y sin intención restrictiva, la red de telefonía móvil de servicio múltiple a la cual se hará referencia en el resto de la presente descripción es una red de servicio múltiple de tercera generación con acceso por radio del tipo WCDMA, compatible con el estándar UMTS. Sin embargo, el procedimiento de evaluación según la presente invención es aplicable también a redes de segunda o tercera generación basadas, por ejemplo, en el estándar CDMA 2000 o en el estándar EDGE (evolución de la red GSM/GPRS).

10

También en referencia a la figura 1, la arquitectura cliente-servidor 1 comprende: un ordenador cliente 2, por ejemplo un ordenador personal, en el cual se encuentra instalado un programa de interficie gráfica 3 de un tipo conocido; un ordenador servidor 4, por ejemplo una estación de trabajo, en el cual se encuentra instalado el simulador 5 del tipo estático, para evaluar el rendimiento de la red de telefonía móvil de servicio múltiple a examinar.

15

20 Específicamente, el simulador 5 recibe en su entrada:

- un archivo de configuración 6 que comprende un conjunto de parámetros de configuración de red, que se listan más adelante en la presente descripción, que describe las características de la red de telefonía móvil de servicio múltiple. Los parámetros de configuración de red se definen por parte del operador de telefonía móvil, utilizando el programa de interficie gráfica 3;

25

- un conjunto estructurado de datos de terreno, que se lista más adelante en la presente descripción, y que se obtienen a partir de una base de datos de terreno 7;

30

- un conjunto de datos estadísticos, que se lista más adelante en la presente descripción, que describen el rendimiento de la red de telefonía móvil de servicio múltiple. Estos datos estadísticos se almacenan a continuación, de forma estructurada, en una base de datos de los datos de simulación 8, y subsiguientemente se envían al programa de interficie gráfica 3 que los muestra.

35

Como se muestra en la figura 1, el ordenador cliente 2 y el ordenador servidor 4 se interconectan por medio de una red de datos 9, de un tipo conocido, basada por ejemplo en el protocolo TCP/IP. Alternativamente, el ordenador cliente 2 y el ordenador servidor 4 se pueden combinar en un único ordenador.

40

Los parámetros de configuración de red que se incluyen en el archivo de configuración 6 pueden comprender, por ejemplo,

- el número de celdas que constituyen la red de telefonía móvil de servicio múltiple;

- la posición geográfica de dichas celdas;

45

- el número de estaciones transceptoras (nodos B según el estándar UMTS) presentes en la red;

- la identificación de las celdas asociadas con cada nodo B;

50

- las características de cada nodo B, como la ganancia de antena, el patrón de radiación, la dirección de máxima radiación (definida en términos de acimut y elevación), la figura de ruido del receptor, las pérdidas de conexión de antena y las potencias de transmisión de los canales comunes;

55

- las características de los terminales móviles a simular, como la figura de ruido del receptor incorporado en cada terminal móvil, la ganancia y las pérdidas asociadas con la antena del terminal, la potencia de transmisión máxima disponible para el enlace ascendente, y la dinámica de potencia del terminal móvil;

60

- las características de los diferentes servicios que soporta la red, como la clase de servicio (que indica de una forma resumida los requerimientos de calidad asociados con el servicio); el conjunto de formatos de transporte asociados con el servicio; el conjunto de factores de actividad que describen en términos estadísticos el comportamiento del terminal móvil que utiliza el servicio;

65

- los parámetros de control para los procedimientos y/o algoritmos de administración de recurso radioeléctrico (algoritmos RRM), que comprenden, por ejemplo, los umbrales de macrodiversidad, en otras palabras la capacidad de mantener una llamada actual entre un terminal móvil y la red de telefonía móvil a través de más de una estación transceptora; los umbrales de control de admisión, en otras palabras los umbrales más allá de los cuales no se puede admitir en la red un terminal móvil que requiere un servicio determinado; y los umbrales de control de congestión, en otras palabras los umbrales más allá de los cuales se producen situaciones de "sobrecarga", siendo éstas condiciones

## ES 2 312 821 T3

en las cuales la red no es capaz de alcanzar los requerimientos de los terminales móviles conectados mientras se mantienen los requerimientos de calidad asociados con los diferentes servicios.

Debería aclararse que la variable del tiempo no se tiene en cuenta en las simulaciones estáticas, sino que se analiza la red en una situación concreta, como si se tomase una fotografía. Por medio de realizar una pluralidad de análisis (tomando una pluralidad de “fotografías”) de la red en situaciones diferentes, es posible obtener una evaluación global de la red. Por consiguiente, la simulación estática según la presente invención no comprende generalmente parámetros de administración de recurso radioeléctrico que representan “tiempos” (donde el tiempo se considera una variable independiente), por ejemplo los temporizadores de protocolo de radio y la histéresis temporal.

Además, los datos de terreno almacenados en la base de datos de terreno 7 y asociados con el área sobre la cual se configura la red de telefonía móvil de servicio múltiple pueden comprender, por ejemplo,

- una matriz de tráfico de un tipo conocido, cuyos elementos indican el tráfico esperado para cada elemento de terreno (píxel) que constituye una misma celda, y para cada servicio que proporciona la red de telefonía móvil de servicio múltiple, definido por ejemplo sobre la base de una de las aproximaciones que se describen en WO/35872;

- una matriz de altitud, de un tipo conocido, cuyos elementos indican la altitud media sobre el nivel del mar de cada elemento de terreno;

- una matriz de morfología de un tipo conocido, cuyos elementos indican la morfología de cada elemento de terreno; y

- una matriz de construcción de un tipo conocido, cuyos elementos indican el porcentaje de construcción que se encuentra presente en cada elemento de terreno.

Adicionalmente, los datos estadísticos obtenidos a la salida del simulador 5 y almacenados en la base de datos de los datos de simulación 8 pueden comprender, por ejemplo,

- la potencia total de banda ancha recibida para cada celda, definida por ejemplo según la especificación 3GPP 25.115;

- un factor de ruido (NR) asociado con cada celda y definido por medio de la siguiente expresión conocida:

$$NR = \frac{RTWP}{NF \cdot W \cdot kT}$$

donde RTWP indica la potencia total recibida por parte de la celda a través del enlace ascendente; NF indica la figura de ruido en el receptor de la celda; W es el ancho de banda del WCDMA relativo a la celda, y kT es la densidad espectral de potencia del ruido térmico;

- el factor de carga para el enlace ascendente asociado con cada celda y calculado según la siguiente expresión conocida:

$$\eta = 1 - \frac{1}{NR}$$

- el factor de ruido estimado encontrado para el enlace ascendente a partir del número de enlaces asociados con cada celda, calculado sobre la base de la siguiente expresión conocida:

$$\overline{\eta_{UL}} = \sum_{s=1}^{N_{serv}} N(s) \cdot \chi_{UL}(s)$$

donde N(s) indica el número de enlaces activos asociados con la celda para el servicio s, N<sub>serv</sub> indica el número de servicios y  $\chi_{UL}(s)$  indica la carga asociada con el enlace individual, estimada para el enlace ascendente, por ejemplo, por medio de la expresión publicada en Holma, Toskala, “WCDMA for UMTS”, Wiley, 2001;

- la potencia total transmitida por cada celda, definida por ejemplo según la especificación 3GPP 25.115;

- la potencia transmitida por cada celda en cada canal de tráfico, definida por ejemplo según la especificación 3GPP 25.115;

- el porcentaje de terminales móviles fuera de servicio para cada elemento de terreno;

## ES 2 312 821 T3

- el número total de códigos de “ensanchamiento” requeridos para cada celda, calculado, por ejemplo, por medio de considerar el valor del parámetro de “factor de ensanchamiento” que caracteriza a cada formato de transporte, según el procedimiento de factor de ensanchamiento de variable ortogonal (OVSF) que se describe en la especificación 3GPP 25.213;

- el factor de carga estimado encontrado para el enlace descendente a partir del número de enlaces asociados con cada celda, calculado sobre la base de la expresión conocida siguiente:

$$\overline{\eta}_{DL} = \sum_{s=1}^{N_{serv}} N(s) \cdot \chi_{DL}(s)$$

donde  $N(s)$  indica el número de enlaces activos asociados con la celda para el servicio  $s$ ,  $N_{serv}$  indica el número de servicios y  $\chi_{DL}(s)$  indica la carga asociada con el enlace individual, estimada para el enlace descendente, por ejemplo, por medio de la expresión publicada en Holma, Toskala, “WCDMA for UMTS”, Wiley, 2001.

En referencia a la figura 2, el simulador 5, desarrollado por ejemplo en lenguaje de programación C++ por medio de una plataforma de desarrollo de tipo UML (lenguaje de modelado unificado), comprende, en lo que se conoce como aproximación orientada a objeto:

- un motor de simulación 10, que comprende módulos, que se describen más adelante, para administrar y desarrollar la simulación;

- un objeto del tipo RNC\_MC, que se indica por medio del número de referencia 11, el cual comprende módulos, que se describen más detalladamente en la parte siguiente de la presente descripción, los cuales simulan el comportamiento de un controlador de red radioeléctrica. En una red de telefonía móvil, los controladores de red administran los recursos radioeléctricos y controlan el transporte radioeléctrico;

- una pluralidad de objetos del tipo UE\_MC, que se indican por medio del número de referencia 12, donde cada uno comprende módulos, que se describen más adelante, los cuales simulan el comportamiento de un terminal móvil. Cada objeto UE\_MC se encuentra asociado también con un servicio de referencia que pertenece a una clase de servicio seleccionada, por ejemplo, a partir de los que se listan en las especificaciones 3GPP y que se indican por medio de los términos “de conversación”, “de flujo”, “interactivo”, y “mínimo posible”;

- una pluralidad de objetos del tipo NodeB\_MC, que se indican por medio del número de referencia 13, donde cada uno comprende módulos, que se describen más adelante, los cuales simulan el comportamiento de una estación transceptora (nodo B) y de las celdas UMTS asociadas con la misma. Esto se debe a que cada nodo B puede supervisar un número variable de celdas UMTS, donde cada una se encuentra asociada con un transmisor y un receptor;

- un objeto del tipo PROP (“módulo de propagación”), que se indica por medio del número de referencia 14 y se describe en detalle en la parte siguiente de la presente descripción;

- un objeto del tipo RLM (“monitor de enlace radioeléctrico”), que se indica por medio del número de referencia 15 y se describe en detalle en la parte siguiente de la presente descripción.

En la aproximación orientada a objeto, la unidad elemental de análisis no es una operación (procedimiento) sino un objeto, en el sentido de una agregación de variables, estructuras de datos y procedimientos, que se consideran una unidad individual en el contexto del simulador. En el caso presente, los objetos de simulación son generalmente modelos de entidades reales (objetos del mundo real).

En mayor detalle, el motor de simulación 10 comprende los siguientes módulos, que no se muestran en la figura 2:

- un primer módulo, implementado por ejemplo de una forma similar al módulo “administrador de parámetros” que se describe en WO 02/104055, el cual lee e interpreta los parámetros de configuración de red contenidos en el archivo de configuración 6 y hace disponible esta información para la creación de los objetos de simulación en la etapa de inicialización de la simulación;

- un segundo módulo, implementado por ejemplo de una forma similar al módulo “administrador de fábrica” que se describe en WO 02/104055, el cual optimiza la asignación de memoria de los objetos de la simulación;

- un tercer módulo que actúa como un planificador de eventos, implementado por ejemplo de una forma similar al módulo “planificador de eventos” que se describe en WO 02/104055, el cual establece la secuencia de ejecución de las etapas de simulación y, más concretamente, la secuencia en la que se procesan los eventos de la administración de recurso radioeléctrico; implementándose por lo menos un procedimiento y/o algoritmo administrador de recurso radioeléctrico en cada evento de administración de recurso radioeléctrico;

## ES 2 312 821 T3

- un cuarto módulo, implementado por ejemplo de una forma similar al módulo “administrador estático” que se describe en WO 02/104055, el cual administra módulos para recoger y procesar los resultados de la simulación.

5 Adicionalmente, el objeto PROP 14 comprende un módulo que determina un conjunto de valores de atenuación (uno por cada celda de la red que se examina) para cada elemento de terreno incluido en la red de telefonía móvil que se examina. La atenuación se calcula a partir de los datos de terreno por medio de combinar un componente determinístico y un componente estadístico.

10 El componente determinístico se puede calcular, por ejemplo, por medio del procedimiento conocido de Okumura Hata que se describe en M. Hata, “Empirical Formula for Propagation Loss in Land Mobile Radio Services”, IEEE Transactions on Vehicular Technologies, 1980, mientras que el componente estadístico se puede calcular utilizando un generador de números pseudoaleatorios de un tipo conocido, basado por ejemplo en el procedimiento que se describe en G. Marsaglia, K. Ananthanarayanan y N. Paul, Random Number Generator Package - ‘Super Duper’, School of Computer Science, McGill University, Montreal, Canadá, 1973. En este caso, el componente estadístico se simula como una variable aleatoria con una distribución logarítmica normal, como se especifica en el documento ETSI 30.03.

20 El objeto RLM 15 comprende un módulo que calcula los niveles de interferencia, y a continuación las relaciones de señal a ruido para cada enlace. Específicamente, un enlace es una asociación entre uno de los receptores presentes en la red de telefonía móvil que se examina y que pertenece a un objeto UE\_MC 12 o a un objeto NodeB\_MC 13, y uno de los transmisores, que pertenece también a un objeto UE\_MC 12 o a un objeto NodeB\_MC 13. En concreto, un “enlace ascendente” es un enlace entre un transmisor asociado con un terminal móvil y un receptor asociado con una celda que pertenece a un nodo B, mientras que un “enlace descendente” es un enlace entre un transmisor asociado con una celda que pertenece a un nodo B y un receptor asociado con un terminal móvil.

25 Adicionalmente, el principio de macrodiversidad, que se especifica en el estándar UMTS, requiere que, para un enlace ascendente, debería ser posible asociar un único transmisor en el terminal móvil con una pluralidad de receptores pertenecientes a celdas diferentes y posiblemente a diferentes nodos B. El principio de macrodiversidad requiere también que, para un enlace descendente, debería ser posible asociar un receptor en el terminal móvil con una pluralidad de transmisores que pertenecen a diferentes celdas y, posiblemente, a diferentes nodos B. Las asociaciones transmisor-receptor se determinan en las etapas iniciales de la simulación por medio de algoritmos de administración de macrodiversidad, como se indica en el documento 3GPP 25.922.

30 En detalle, para cada enlace transmisor-receptor, el objeto RLM 15 determina la señal útil  $C_i$  según la siguiente expresión conocida:

35

$$C_i = P_i \cdot A_{i,i}^5$$

40 donde  $P_i$  indica la potencia transmitida por el transmisor asociado con el receptor en cuestión, mientras que  $A_{i,i}$  indica la atenuación asociada con el enlace transmisor-receptor y que se calcula a partir del objeto PROP 14 sobre la base del elemento de terreno en el cual se encuentra situado el terminal móvil en cuestión.

45 La interferencia se calcula según la siguiente expresión conocida:

50

$$I_i = \sum_{j \neq i} P_j \cdot A_{i,j} \cdot ACIR_{i,j}$$

55 donde el sumatorio se extiende a todos los transmisores excepto el asociado con el receptor en cuestión, denominándose dichos transmisores interferidores.  $P_j$  indica la potencia del interferidor único,  $A_{i,j}$  indica la atenuación asociada con el enlace entre el receptor  $i$  en cuestión y el interferidor  $j$ , y  $ACIR_{i,j}$  indica la atenuación adicional presente en el caso en el cual el receptor  $i$  y el transmisor  $j$  funcionan a frecuencias diferentes. La atenuación adicional  $ACIR_{i,j}$  se calcula a partir de la siguiente expresión conocida:

60

$$ACIR_{i,j} (f_i, f_j) = \frac{1}{(ACS_i (f_i, f_j))^{-1} + (ACLR_j (f_i, f_j))^{-1}}$$

65 donde  $ACS_i$  y  $ACLR_j$  indican, respectivamente, el parámetro “selectividad de canal adyacente” y el parámetro “relación de pérdida de canal adyacente”. Estos dos parámetros se definen según las características del receptor  $i$  y el transmisor  $j$  como función de las frecuencias  $f_i$  y  $f_j$  asociadas con los mismos, según las definiciones del documento 3GPP 25.942.

## ES 2 312 821 T3

La relación de señal a ruido asociada con el enlace  $i$  se calcula utilizando la siguiente expresión conocida:

$$\text{SNR}_i = \frac{C_i}{I_i + \text{NF} \cdot W \cdot kT}$$

donde NF es la figura de ruido del receptor de la celda, W es el ancho de banda del canal WCDMA para la celda, y  $kT$  es la densidad de potencia espectral del ruido térmico. Adicionalmente, en presencia de la macrodiversidad, el cálculo de la relación de señal a ruido se modifica para incluir el efecto de recombinación de señal asociado con los diferentes enlaces. De acuerdo con el estándar UMTS, esta recombinación se simula de forma diferente para el enlace ascendente y el enlace descendente.

En detalle, en el caso del enlace descendente, se utiliza la siguiente expresión conocida para determinar la relación de señal a ruido total a partir de las relaciones de señal a ruido de los enlaces individuales:

$$\left. \frac{C}{I} \right|_{\text{TOT}} = \sum_i \frac{C_i}{I_i}$$

donde el sumatorio se extiende al conjunto de enlaces en modo de macrodiversidad.

En el caso del enlace ascendente, sin embargo, es necesario distinguir entre dos condiciones de:

- traspaso más suave: el terminal móvil se encuentra en modo de macrodiversidad y se encuentra situado dentro de un área de superposición entre celdas asociadas con el mismo nodo B. El modelo de recombinación es similar al descrito para el enlace descendente;

- traspaso suave: el terminal móvil se encuentra en modo de macrodiversidad y se encuentra situado dentro de un área de superposición entre celdas asociadas con diferentes nodos B. Las señales asociadas con los diferentes enlaces se recombinan por medio del controlador de red (RNC) que selecciona el enlace que proporciona la mejor calidad en términos de BLER (tasa de error de bloque). En la simulación, el objeto RLM 15 calcula una relación de señal a ruido para cada uno de los enlaces en el modo de macrodiversidad, dejando que el objeto RNC\_MC 11 realice la recombinación.

De nuevo en referencia a la figura 2, según la presente invención, los objetos UE\_MC 12 comprenden:

- un primer módulo UE\_RRC\_MC 16 que simula las funciones del nivel de protocolo RRC (“control de recurso radioeléctrico”) de la red de telefonía móvil UMTS y el subconjunto de funciones de administración de recurso radioeléctrico a proporcionar por parte del terminal móvil (que se describen con más detalle en la parte siguiente de la presente invención);

- un segundo módulo UE\_PHY 17 que simula el protocolo de primer nivel o nivel físico del terminal móvil, y que comprende una pluralidad de objetos de tipo transmisor 18 y de tipo receptor 19, según el estándar UMTS.

Específicamente, las principales operaciones que ejecuta el primer módulo UE\_RRC\_MC 16 se pueden resumir de la forma siguiente:

- configurar los parámetros asociados con el protocolo de primer nivel o nivel físico de la red de telefonía móvil UMTS según las características del servicio asociado con el terminal móvil;

- actuar de interficie con un primer módulo NodeB\_RRC\_MC 20, incorporado en el objeto NodeB\_MC 13 y que se describe a continuación, para implementar los procedimientos de control de potencia especificados por el estándar UMTS;

- actuar de interficie con el objeto RNC\_MC 11 para implementar los procedimientos y/o algoritmos RRM asociados con los diferentes eventos de administración de recurso radioeléctrico.

Según la presente invención, los objetos NodeB\_MC 13 comprenden:

- el primer módulo, NodeB\_RRC\_MC 20, que simula las funciones del nivel de protocolo RRC (“control de recurso radioeléctrico”) de la red de telefonía móvil UMTS y el subconjunto de las funciones de administración de recurso radioeléctrico que proporciona el nodo B (que se describen más detalladamente en la parte siguiente de la presente descripción);

- un segundo módulo, NodeB\_PHY 21, que simula el nivel físico del nodo B y que comprende una pluralidad de objetos del tipo celda 22. Cada objeto del tipo celda 22 comprende una pluralidad de objetos del tipo transmisor 23 y del tipo receptor 24, según el estándar UMTS.

## ES 2 312 821 T3

Específicamente, las principales operaciones que ejecuta el primer módulo NodeB\_RRC\_MC 20 se pueden resumir de la forma siguiente:

- 5 - configuración de los canales comunes (según el estándar UMTS) para las celdas controladas por cada nodo B;
- actuar de interficie con el primer módulo UE\_RRC\_MC 16 para implementar los procedimientos de control de potencia especificados por el estándar UMTS;
- 10 - actuar de interficie con el objeto RNC\_MC 11 para implementar los procedimientos y/o algoritmos RRM asociados con los diferentes eventos de administración de recurso radioeléctrico.

Como se muestra en la figura 3, según la presente invención, el objeto RNC\_MC 11 comprende estructuras de datos que soportan las operaciones de administración de recurso radioeléctrico.

15 Específicamente, el objeto RNC\_MC 11 comprende:

- una lista de terminales móviles activables 25, estructurada por clase de servicio y por servicio;
- una lista de terminales móviles activos 60, estructurada por clase de servicio y por servicio de una forma total-  
20 mente similar a la que se describe para la lista de terminales móviles a activar 25, y que por tanto no se muestra en detalle en la figura 3; y
- un conjunto 26 de listas de terminales móviles fuera de servicio, una por cada causa de interrupción de servicio;
- 25 - un mapa de los recursos de sistema 30.

Como se muestra en la figura 3, la lista de terminales móviles a activar 25 puede, por ejemplo, comprender doce referencias a objetos UE\_MC 12, indicados respectivamente como UE\*<sub>1-12</sub>, y se puede estructurar en tres clases de servicio y cuatro servicios; en concreto,

- 30 - las referencias UE\*<sub>1</sub>, UE\*<sub>7</sub> y UE\*<sub>12</sub> corresponden a terminales móviles asociados con un primer servicio, indicado por el número de referencia 31a, que pertenece por ejemplo a la clase de servicio “de conversación”, indicada por el número de referencia 31;
- 35 - las referencias UE\*<sub>6</sub>, UE\*<sub>2</sub> y UE\*<sub>11</sub> corresponden a terminales móviles asociados con un segundo servicio, indicado por el número de referencia 31b, que pertenece por ejemplo a la clase de servicio “de conversación” 31;
- las referencias UE\*<sub>3</sub>, UE\*<sub>4</sub>, UE\*<sub>10</sub> corresponden a terminales móviles asociados con un servicio, indicado por el número de referencia 32a, que pertenece por ejemplo a la clase de servicio “interactivo”, indicada por el número de  
40 referencia 32;
- las referencias UE\*<sub>9</sub>, UE\*<sub>5</sub> y UE\*<sub>8</sub> corresponden a terminales móviles asociados con un servicio, indicado por el número de referencia 33a, que pertenece por ejemplo a la clase de servicio “básico” 33.

45 De nuevo en referencia a la figura 3, el conjunto 26 puede comprender, por ejemplo, tres listas de referencias a terminales móviles que se encuentran fuera de servicio, indicadas por los números de referencia 27, 28 y 29 respectivamente.

50 Cada una de las listas de terminales móviles fuera de servicio 27, 28 y 29 se estructura por clase de servicio y por servicio de forma totalmente similar a la que se ha descrito para la lista de terminales móviles a activar 25.

En el ejemplo que se muestra en la figura 3, las listas de terminales móviles fuera de servicio 27, 28 y 29 se pueden asociar con tres causas diferentes de interrupción de servicio, que se indican por medio de A, B y C respectivamente. En concreto, la lista de terminales móviles fuera de servicio 27 puede corresponder a la causa A, la lista de terminales  
55 móviles fuera de servicio 28 puede corresponder a la causa B, y la lista de terminales móviles fuera de servicio 29 puede corresponder a la causa C.

Puede haber múltiples causas de interrupción de servicio. Se detectan por parte de los procedimientos y/o algoritmos de administración de recurso radioeléctrico. Por ejemplo, un terminal móvil puede encontrarse fuera de servicio debido a una falta de cobertura, o debido a los procedimientos y/o algoritmos de control de admisión, o los procedimientos y/o algoritmos de control de congestión o los procedimientos y/o algoritmos de control de interrupción de  
60 servicio.

Adicionalmente, el mapa de los recursos de sistema 30, según la presente invención, comprende una pluralidad de  
65 estructuras, donde cada una corresponde a un nodo B de la red bajo examen. Cada estructura comprende una referencia a un nodo B y una lista de objetos del tipo contexto de celda, uno por cada celda controlada por el nodo B.

## ES 2 312 821 T3

En concreto, en el ejemplo que se muestra en la figura 3, el mapa de recursos del sistema 30 comprende tres estructuras que se indican por medio de los números de referencia 30a, 30b y 30c respectivamente y que corresponden a tres objetos del tipo NodeB\_MC 13 respectivamente. En mayor detalle, la estructura 30a comprende una referencia 30a<sub>1</sub> al nodo B<sub>1</sub> y una lista de objetos de contexto de celda 30a<sub>2</sub> asociados con las celdas controladas por el nodo B<sub>1</sub>;

5 la estructura 30b comprende una referencia 30b<sub>1</sub> al nodo B<sub>2</sub> y una lista de objetos de contexto de celda 30b<sub>2</sub> asociados con las celdas controladas por el nodo B<sub>2</sub>; la estructura 30c comprende una referencia 30c<sub>1</sub> al nodo B<sub>2</sub> y una lista de objetos de contexto de celda 30c<sub>2</sub> asociados con las celdas controladas por el nodo B<sub>3</sub>. La figura 4 muestra un ejemplo de una lista de objetos de contexto de celda.

10 Como se muestra en la figura 4, cada lista de objetos de contexto de celda, por ejemplo la lista 30a<sub>2</sub> comprende un puntero 40 a la lista y tres elementos de contexto de celda (41, 42, 43) que corresponden a tres celdas controladas por un único nodo B.

Cada objeto contexto de celda, por ejemplo el objeto contexto de celda 41, comprende:

15 - un código de identificación de celda 44 (ID de celda);

- identificadores de frecuencia 45 para las frecuencias que utiliza la celda para la transmisión (enlace descendente) y la recepción (enlace ascendente);

20 - una lista de referencias a terminales móviles 46, que comprende terminales móviles que funcionan en modo de macrodiversidad con la celda. La lista de referencias a terminales móviles 46 se estructura por clase de servicio y por servicio, de una forma totalmente similar a la especificada para la lista de terminales móviles a activar 25;

25 - una lista de enlaces bloqueados 47, que comprende una indicación de los enlaces de la celda que se han bloqueado y una indicación de la causa del bloqueo para cada enlace bloqueado;

30 - un primer conjunto de parámetros 48 relacionados con la administración de recurso radioeléctrico del enlace ascendente. Por ejemplo, el primer conjunto de parámetros 48 puede comprender los siguientes parámetros conocidos: el umbral de carga para el control de admisión (diferenciado si se requiere por servicio o por clase de servicio); los umbrales de carga para el control de admisión relativos a los terminales móviles en modo de macrodiversidad (diferenciados si se requiere por servicio o por clase de servicio); el umbral de carga para el control de congestión (diferenciado si se requiere por servicio o por clase de servicio); el umbral de potencia de terminal para el control de interrupción de servicio y el umbral de relación de señal a ruido para el control de interrupción de servicio;

35 - un segundo conjunto de parámetros 49 relacionados con la administración de recurso radioeléctrico del enlace descendente. Por ejemplo, este segundo conjunto de parámetros 49 puede comprender los siguientes parámetros conocidos: el umbral de carga para el control de admisión (diferenciado si se requiere por servicio o por clase de servicio); el umbral de carga para el control de admisión relativo a los terminales móviles en modo de macrodiversidad (diferenciado si se requiere por servicio o por clase de servicio); el umbral de carga para el control de congestión (diferenciado si se requiere por servicio o por clase de servicio); el número máximo de códigos que se pueden asignar; el umbral de potencia para el control de admisión, diferenciado si se requiere por servicio o por clase de servicio; el umbral de potencia para el control de admisión relativo a los terminales móviles en modo de macrodiversidad (diferenciados si se requiere por servicio o por clase de servicio) y el umbral de potencia para el control de congestión (diferenciados si se requiere por servicio o por clase de servicio);

40 - un tercer conjunto de parámetros 50 relacionados con los indicadores de carga del enlace ascendente. Por ejemplo, el tercer conjunto de parámetros 50 puede comprender los siguientes parámetros conocidos: la carga de enlace ascendente, calculada a partir del número de enlaces de la celda; la carga de enlace descendente, calculada a partir del factor de aumento de ruido;

45 - un cuarto conjunto de parámetros 51 relacionados con los indicadores de carga del enlace descendente. Por ejemplo, este cuarto conjunto de parámetros 51 puede comprender los siguientes parámetros conocidos: la carga de enlace descendente, calculada a partir del número de enlaces de la celda; el número total de códigos asignados; y la potencia total transmitida en el enlace descendente.

Adicionalmente, la figura 4 muestra un ejemplo de una lista de enlaces bloqueados 47 relacionados con una celda con, por ejemplo, dos enlaces bloqueados que corresponden a dos terminales móviles diferentes.

60 En el ejemplo que se muestra en la figura 4, la lista de enlaces bloqueados 47 comprende un puntero 52, un primer objeto 53 que comprende información acerca del primer enlace bloqueado y un segundo objeto 54 que comprende información acerca del segundo enlace bloqueado.

65 Específicamente, el primer objeto 53 comprende una referencia 55 a un primer terminal móvil bloqueado y un código 56 que indica la causa de bloqueo del enlace, mientras que el segundo objeto 54 comprende una referencia 57 a un segundo terminal móvil bloqueado y un código 58 que indica la causa de bloqueo del enlace.

## ES 2 312 821 T3

Debería indicarse que pueden ser causas posibles de bloqueo de un enlace:

- pobre calidad de recepción del canal piloto;

5 - pobre calidad de recepción del canal de sincronización;

- bloqueo por parte de los procedimientos de control de admisión basándose en el número máximo de enlaces por celda;

10 - bloqueo por parte de los procedimientos de control de admisión basándose en el factor de carga máximo por celda en el enlace ascendente;

- bloqueo por parte de los procedimientos de control de admisión basándose en la potencia máxima de transmisión por celda en el enlace descendente;

15 - bloqueo por parte de los procedimientos de control de admisión basándose en el número máximo de códigos asignados por celda en el enlace descendente;

20 - bloqueo por parte de los procedimientos de control de carga basándose en el factor de carga máxima por celda en el enlace ascendente;

- bloqueo por parte de los procedimientos de control de carga basándose en la potencia máxima de transmisión por celda en el enlace descendente;

25 - bloqueo de interrupción de servicio basándose en el control de la potencia máxima disponible asociada con el terminal móvil;

- bloqueo de interrupción de servicio basándose en el control de la relación de señal a ruido mínima en el enlace ascendente;

30 - bloqueo de interrupción de servicio basándose en el control de la relación de señal a ruido mínima en el enlace descendente;

35 A continuación se describirá el procedimiento según la presente invención con referencia al diagrama de flujo que se muestra en la figura 5. En detalle, el diagrama de flujo de la figura 5 representa un algoritmo de simulación 100 que funciona según la presente invención.

40 Debería tenerse en cuenta que el desarrollo del algoritmo de simulación 100 depende del motor de simulación 10 que controla las secuencias de etapas de simulación que constituyen el algoritmo.

Adicionalmente, durante cada etapa de simulación, cada objeto de simulación participa en la determinación del desarrollo de la simulación por medio de interactuar directamente con los otros objetos, por medio de enviar elementos de información que se denominan “mensajes”.

45 Específicamente, el sistema de comunicación de mensajes se caracteriza por el hecho de que la recepción de la información por parte del objeto de destino tiene lugar de forma simultánea con el envío por parte del objeto de origen.

50 En detalle, el algoritmo de simulación 100, según la presente invención, comprende una etapa de inicialización de la simulación 101 y una o más etapas iterativas de micro-simulación basada en evento 102.

En cada etapa de micro-simulación basada en evento 102 se simula una configuración de red, y todas las configuraciones de red simuladas en el transcurso de la simulación son estadísticamente independientes entre sí.

55 En la siguiente parte de la presente descripción y en las reivindicaciones, el término “estadísticamente independiente” indica que ninguna de las configuraciones de red simuladas en dos micro-simulaciones basadas en evento sucesivas es la evolución temporal de la otra.

60 Adicionalmente, se proporciona en cada etapa de micro-simulación basada en evento 102 el análisis de una o más distribuciones de tráfico. Cada etapa de micro-simulación basada en evento 102 comprende también una o más etapas iterativas de procesamiento de eventos de administración de recurso radioeléctrico.

65 En concreto, la administración de recurso radioeléctrico (RRM) comprende un conjunto de procedimientos y/o algoritmos para administrar los recursos radioeléctricos. Los procedimientos de RRM comprenden, por ejemplo, control de traspaso, control de potencia, control de admisión, control de congestión, control de interrupción de servicio, etc.

Más específicamente, el procedimiento de traspaso es necesario para la administración de la movilidad de los usuarios cuando se desplazan del área de cobertura de una celda a otra. El control de potencia se requiere para minimizar el

## ES 2 312 821 T3

nivel de interferencia sobre la interficie radioeléctrica y para asegurar la calidad del servicio solicitado. El control de admisión se requiere para verificar que la aceptación de un enlace nuevo no causa una reducción del área de cobertura planificada para una única celda, o una reducción de la calidad de los enlaces existentes. El control de congestión se requiere para detectar una condición de sobrecarga y subsiguientemente devolver a la red al valor de carga que se especificó cuando se planificó la red.

Por ejemplo, para una red de telefonía móvil de servicio múltiple basada en el estándar UMTS, los procedimientos y/o algoritmos RRM se implementan en el nivel de red RRC (control de recurso radioeléctrico) de la red de acceso radioeléctrico (UTRAN: red de acceso radioeléctrico UMTS). Este nivel tiene la función de supervisar y coordinar la funcionalidad presente en los otros niveles de red (MAC: control de acceso a medio, RLC: control de enlace radioeléctrico, y el nivel físico), para el uso correcto y eficiente de los canales hechos disponibles por el nivel físico.

En detalle, la etapa de inicialización 101 comprende las siguientes etapas ejecutadas por el motor de simulación 10:

- lectura de los parámetros del archivo de configuración 6;

- creación de los objetos de simulación sobre la base de los parámetros de configuración de red leídos del archivo de configuración 6. Más específicamente, el motor de simulación 10 genera los objetos NodeB\_MC 13, los objetos RNC\_MC 11, los objetos RLM 15, los objetos PROP 14 y los objetos UE\_MC 12. Estos objetos se dividen en subconjuntos que corresponden a los diferentes valores de parámetros de configuración de red asociados con los mismos.

En concreto, diferentes subconjuntos pueden corresponder, por ejemplo, a diferentes servicios, o a diferentes condiciones de propagación. Por ejemplo, es posible simular la presencia en la red bajo examen de terminales móviles que requieren diferentes servicios y, para cada servicio, simular la presencia de terminales móviles situados en el interior de edificios, en otras palabras terminales móviles caracterizados por una atenuación adicional no especificada por el objeto PROP 14 y debida a los edificios mismos.

El archivo de configuración 6 especifica, para cada servicio, los formatos de transporte posibles para utilizarse y los parámetros característicos de cada formato de transporte, tanto para el enlace ascendente como el descendente.

A modo de ejemplo y sin intención restrictiva, podemos citar los siguientes parámetros característicos del formato de transporte relativos al enlace ascendente:

- la tasa de bit de transmisión;

- la relación de señal a ruido objetivo;

- los parámetros que determinan la distribución de la potencia transmitida entre el canal físico de datos, que transporta la información del usuario, y el canal físico de transporte; y

- la estimación de carga asociada con cada enlace ascendente que se utiliza en la etapa de control de admisión.

Los formatos de transporte para el enlace ascendente se almacenan en una lista en orden de tasa de bit descendente, asociada con cada módulo UE\_MC 12 y que se definen en el archivo de configuración 6.

A modo de ejemplo y sin intención restrictiva, podemos citar los siguientes parámetros característicos del formato de transporte relativos al enlace descendente:

- la tasa de bit de transmisión;

- la relación de señal a ruido objetivo;

- el factor de ensanchamiento que determina el número de códigos asignados a través de las celdas servidoras;

- los parámetros que determinan la distribución de la potencia transmitida entre el canal físico de datos, que transporta la información del usuario, y el canal físico de transporte; y

- la estimación de potencia asociada con cada enlace descendente que se utiliza en la etapa de control de admisión.

Los formatos de transporte para el enlace descendente se almacenan en una lista en orden de tasa de bit descendente, asociada con cada módulo UE\_MC 12 y que se definen en el archivo de configuración 6.

La etapa de inicialización de la simulación 101 comprende también las siguientes etapas que ejecutan el objeto PROP 14 y el objeto NodeB\_MC 13, respectivamente:

## ES 2 312 821 T3

- cálculo de los datos de propagación, utilizando la información obtenida de la base de datos de terreno 7; la componente determinista de la atenuación asociada con cada celda presente en la red de telefonía móvil bajo examen se calcula para cada elemento de terreno;

5 - configuración de los canales comunes para las celdas controladas por el objeto NodeB\_MC 13; para cada celda y para cada canal se especifica un valor de potencia transmitida, determinado según el archivo de configuración 6; el conjunto mínimo de canales comunes utilizados comprende el canal piloto CPICH (canal piloto común), el canal de sincronización SCH, y el canal primario de control P-CCPCH (canal físico primario común de control).

10 Todavía en referencia a la figura 5, cada etapa de micro-simulación basada en evento 102 comprende una etapa de inicialización 102a que comprende las siguientes etapas:

- actualizar los datos de propagación por medio del objeto PROP 14. En detalle, el objeto PROP 14 calcula para cada elemento de terreno la componente estadística de la atenuación asociada con cada celda presente en la red de telefonía móvil bajo examen. El objeto PROP 14 a continuación suma este elemento estadístico, expresado en unidades logarítmicas, a la componente determinista (expresada también en unidades logarítmicas) que se ha calculado anteriormente en la etapa de inicialización de la simulación 101;

20 - cálculo de su propia posición por parte de cada objeto UE\_MC 12. En detalle, cada objeto UE\_MC 12 calcula su propia posición dentro del escenario de la simulación, utilizándose esta posición para la micro-simulación basada en evento actual completa. La determinación de posición consiste en la selección de uno de los elementos de terreno que pertenece al área geográfica bajo examen, realizada sobre la base de la distribución de tráfico prevista para un servicio determinado S asociada con el objeto UE\_MC 12 en cuestión. Específicamente, cada elemento de terreno (m, n) se encuentra asociado con una probabilidad de selección  $Pr_s(m, n)$  la cual, según la presente invención, se define, para el servicio S, por medio de la siguiente expresión:

$$Pr_s(m, n) = \frac{t_s(m, n)}{T_s}$$

30 donde el término  $t_s(m, n)$  indica el valor del tráfico para el elemento de terreno (m, n) proporcionado por la matriz de tráfico para el servicio S, mientras que el término  $T_s$  indica la suma de todos los elementos de matriz de tráfico del servicio S asociados con los elementos de terreno que pertenecen al área bajo examen. Las matrices de tráfico asociadas con los diferentes servicios se encuentran contenidas dentro de la base de datos de terreno 7 que se ha descrito anteriormente. Cada objeto UE\_MC 12 selecciona también la formato de transporte inicial, tanto para el enlace ascendente como para el descendente, a partir de los formatos de transporte disponibles proporcionados en el archivo de configuración 6;

40 - inicialización de las estructuras de datos que se utilizan para simular la administración de recurso radioeléctrico, realizada por el objeto RNC\_MC 11. En detalle, el objeto RNC\_MC 11 establece el número de enlaces activos para cada celda en 0, establece el valor actual del factor de carga de cada celda en 0, establece la potencia transmitida por cada celda en un valor obtenido de sumar las potencias asociadas con los canales comunes, y establece el número de códigos asignados para cada celda en un valor obtenido por medio de sumar los números de códigos asignados a los canales comunes solamente;

50 - ejecución para cada objeto UE\_MC 12 de un conjunto de procedimientos para simular las medidas de potencia de los canales comunes realizadas por los terminales móviles del sistema UMTS. En detalle, el objeto UE\_MC 12 obtiene a partir del módulo RLM 15 el valor de potencia recibida sobre el canal piloto CPICH asociado con cada celda de la red de telefonía móvil para el cual existe un valor de atenuación calculado en relación con el elemento de terreno en el cual se encuentra situado el objeto UE\_MC 12. Sobre la base de medidas comparativas, el objeto UE\_MC 12 determina su propia celda de “mejor CPICH”. La celda de “mejor CPICH” de cada objeto UE\_MC 12 es la celda con la cual se asocia el valor de potencia más elevado respecto a la recepción del canal piloto CPICH. Específicamente, si  $CPICH\_RSCP_j$  indica la potencia recibida sobre el canal piloto por parte de una celda j, el objeto UE\_MC 12 determina su propia celda de mejor CPICH por medio de la utilización de la siguiente relación conocida:

$$CPICH\_RSCP_k \geq CPICH\_RSCP_j$$

60 donde k es la celda con mejor CPICH, mientras que j varía para incluir las mediciones de potencia realizadas por el objeto UE\_MC 12. El objeto UE\_MC 12 realiza también una comprobación de un tipo conocido sobre el nivel de potencia mínimo  $CPICH\_RSCP_k$  asociado con la celda con el mejor CPICH. Si la siguiente relación es verdadera:

$$CPICH\_RSCP_k \geq Slev\_CPICH$$

65 la referencia al objeto UE\_MC 12 en cuestión se añade a la lista de terminales móviles a activar 25; en otro caso la referencia al objeto UE\_MC 12 en cuestión se añade a la lista de terminales móviles fuera de servicio 26, con la

## ES 2 312 821 T3

nota “sin cobertura”. Slev\_CPICH es un parámetro característico del objeto UE\_MC 12 y se define en el archivo de configuración 6.

5 El objeto UE\_MC 12 determina también su propio “conjunto de candidatos”, en otras palabras el conjunto de celdas candidatas para macrodiversidad, sobre la base de las medidas realizadas. Este conjunto consiste en la celda k (celda con mejor CPICH) y todas las celdas para las cuales es verdadera la siguiente expresión:

$$\text{CPICH\_RSCP}_j \geq \text{CPICH\_RSCP}_k - \Delta_{\text{SH}}$$

10 donde  $\text{CPICH\_RSCP}_j$  indica la potencia recibida por el objeto UE\_MC 12 en cuestión en la celda j (expresada en unidades logarítmicas);  $\text{RSCP}_k$  indica la potencia recibida por el objeto UE\_MC 12 en cuestión en la celda con mejor CPICH (expresada en unidades logarítmicas); y  $\Delta_{\text{SH}}$  es el parámetro de administración de recurso radioeléctrico denominado ventana de macrodiversidad.

15 La etapa de inicialización 102a de la micro-simulación basada en evento comprende también la etapa de situar en la lista de eventos un evento de administración de recurso radioeléctrico controlado por el motor de simulación 10. Este evento será procesado subsiguientemente por el objeto RNC\_MC 11.

20 Cada etapa de micro-simulación basada en evento 102 puede comprender una o más etapas iterativas de procesamiento de eventos de administración de recurso radioeléctrico, cuya secuencia es determinada por el módulo planificador de eventos incorporado en el motor de simulación 10. Por ejemplo, cada etapa de micro-simulación basada en evento 102 puede comprender (ver la figura 5):

25 - una etapa de procesamiento de un evento de control de admisión 103, realizada por el objeto RNC\_MC 11. Este evento de control de admisión comprende la activación, controlada por los procedimientos y/o algoritmos de control de admisión, de un conjunto de objetos UE\_MC 12 que simulan los terminales móviles presentes en la red (los criterios para determinar este grupo de objetos UE\_MC se describirán a continuación);

30 - una primera etapa de procesamiento de un evento de control de potencia 104, realizada por los objetos NodeB\_MC 13 y por los objetos UE\_MC 12 activos en la etapa 104;

- una primera etapa de comprobación de la condición de convergencia de potencia 105, realizada por el objeto RNC\_MC 11.

35 Si la primera etapa de comprobación de la condición de convergencia de potencia 105 entrega un resultado negativo, el motor de simulación 10 hace que se ejecute la etapa 104. Por el contrario, si la primera etapa de comprobación de la condición de convergencia de potencia 105 entrega un resultado positivo, el motor de simulación 10 origina la ejecución de:

40 - una etapa de procesamiento de un evento de control de congestión 106 realizada por el objeto RNC\_MC 11. Durante este evento de control de congestión, un subconjunto de terminales móviles activos se puede retirar de servicio según los procedimientos y/o algoritmos de control de congestión;

45 - una segunda etapa de procesamiento de un evento de control de potencia 107, realizada por los objetos NodeB\_MC 13 y por los objetos UE\_MC 12 activos en la etapa 106;

- una segunda etapa de comprobación de la condición de convergencia de potencia 108, realizada por el objeto RNC\_MC 11.

50 Si la segunda etapa de comprobación de la condición de convergencia de potencia 108 entrega un resultado negativo, el motor de simulación 10 causa que se ejecute la segunda etapa 107. Por el contrario, si la segunda etapa de comprobación de la condición de convergencia de potencia 108 entrega un resultado positivo, el motor de simulación 10 causa la ejecución de:

55 - una etapa de procesamiento de evento de control de interrupción de servicio 109, realizada por el objeto RNC\_MC 11. Durante esta etapa 109, un subconjunto de terminales móviles activos se puede retirar de servicio según los procedimientos y/o algoritmos de control de interrupción de servicio;

60 - una tercera etapa de procesamiento de evento de control de potencia 110, realizada por los objetos NodeB\_MC 13 y por los objetos UE\_MC 12 activos en la etapa 109;

- una tercera etapa de comprobación de la condición de convergencia de potencia 111, realizada por el objeto RNC\_MC 11.

65 Si la tercera etapa de comprobación de la condición de convergencia de potencia 111 entrega un resultado negativo, el motor de simulación 10 causa que se ejecute la tercera etapa 110. Por el contrario, si la tercera etapa de comprobación de la condición de convergencia de potencia 111 entrega un resultado positivo, el motor de simulación 10 causa la ejecución de:

## ES 2 312 821 T3

- una etapa de recogida y procesado de los resultados estadísticos 112, que produce en su salida un conjunto de resultados estadísticos 113, que se almacenan en la base de datos de simulación 8;

5 - una etapa de comprobación de la consecución de un número total de usuarios a activar 115. Este número corresponde al número total de usuarios a activar  $N_{\text{UETOT}}(s)$  en el transcurso de la simulación para cada servicio  $s$ . Específicamente, este número se encuentra contenido en el archivo de configuración 6 y puede calcularse, por ejemplo, a partir de las matrices de tráfico asociadas con cada servicio proporcionado por la red de telefonía móvil y almacenadas en la base de datos de terreno 7.

10 Si la etapa de comprobación de la consecución de una configuración final de usuarios 115 entrega un resultado negativo, el motor de simulación 10 causa que se ejecute la primera etapa 103, que activa uno o más terminales móviles en secuencia (que proporcionan una distribución de tráfico nueva), añadiéndose estos terminales al número de terminales móviles ya activos. Por el contrario, si la etapa de comprobación de la consecución de una configuración final de usuarios 115 entrega un resultado positivo, el motor de simulación 10 causa la ejecución de:

15 - una etapa de comprobación de la exactitud de los datos estadísticos obtenidos 116.

Si la etapa de comprobación de la exactitud de los datos estadísticos obtenidos 116 entrega un resultado positivo, el motor de simulación 10 termina el algoritmo de simulación 110 (stop); en otro caso el motor de simulación 10 causa la ejecución de una nueva etapa de micro-simulación basada en evento 102.

20 En detalle, en la etapa de procesado de un evento de control de admisión 103, el objeto RNC\_MC 11 realiza las siguientes operaciones:

25 - determina el número de objetos UE\_MC 12 a activar para cada servicio según las condiciones de red actuales. Las condiciones de red actuales son descritas por el mapa de recursos del sistema 30 y por el conjunto de parámetros de administración de recurso radioeléctrico 48, 49. En concreto, según la presente invención, el objeto RNC\_MC 11 utiliza el siguiente procedimiento para calcular el número de objetos UE\_MC 12 a activar:

30 1) determina el número de terminales móviles ya activados en eventos de control de admisión anteriores, durante el transcurso de la micro-simulación actual. Para cada servicio, este número corresponde a la suma del número de terminales móviles en servicio  $N_{\text{UESERV}}(s)$  y el número de terminales móviles fuera de servicio  $N_{\text{UEOUT}}(s)$ ;

35 2) extrae del archivo de configuración 6, para cada servicio, un número mínimo  $N_{\text{UEMIN}}(s)$  y un número máximo  $N_{\text{UEMAX}}(s)$  de usuarios, por medio de los cuales es posible establecer, respectivamente, un límite máximo y mínimo para el conjunto de objetos UE\_MC 12 asociados con el servicio  $s$  a activar, durante un único evento de control de admisión;

40 3) extrae del archivo de configuración 6 el número total de usuarios a activar  $N_{\text{UETOT}}(s)$ . En concreto, el número total de usuarios a activar  $N_{\text{UETOT}}(s)$  durante el transcurso de la simulación se puede calcular, por ejemplo, utilizando la siguiente expresión:

$$N_{\text{UETOT}}(s) = \gamma(s) \cdot T_s$$

45 donde  $T_s$  representa la suma de todos los elementos de la matriz de tráfico asociada con este servicio, mientras que  $\gamma(s)$  es un parámetro de configuración de red contenido en el archivo de configuración 6, que se utiliza para determinar el tráfico total generado en el transcurso de la simulación, con la aplicación de un factor de multiplicación al tráfico de referencia asociado con la base de datos de terreno 7;

50 4) para cada celda  $j$ , extrae de la lista de objetos de contexto de celda correspondiente el valor actual  $\eta(j)$  del factor de carga del enlace ascendente y el umbral de control de admisión  $\eta_{\text{lim}}(j)$  para este enlace;

55 5) para cada celda  $j$ , extrae de la lista de objetos de contexto de celda correspondiente el valor actual  $P(j)$  de la potencia transmitida en el enlace descendente y el umbral de potencia  $P_{\text{lim}}(j)$  para este enlace;

6) calcula el valor del indicador de carga total  $H$  de la red, según la siguiente expresión:

$$60 \quad H = 1 - \frac{1}{N_{\text{cells}}} \cdot \min \left\{ \sum_{j=1}^{N_{\text{cells}}} \frac{\eta_{\text{lim}}(j) - \eta(j)}{\eta_{\text{lim}}(j)}, \sum_{j=1}^{N_{\text{cells}}} \frac{P_{\text{lim}}(j) - P(j)}{P_{\text{lim}}(j)} \right\}$$

65 donde  $N_{\text{cells}}$  es el número de celdas presentes en la red simulada;

## ES 2 312 821 T3

7) calcula el número de usuarios a activar  $N_{\text{UETESTEP}}(s)$ , por ejemplo utilizando la siguiente expresión:

$$N_{\text{UETESTEP}}(s) = \min \left\{ \begin{array}{l} N_{\text{UEMIN}}(s) + (1 - H) \cdot [N_{\text{UEMAX}}(s) - N_{\text{UEMIN}}(s)] \\ N_{\text{UETOT}}(s) - N_{\text{UESERV}}(s) - N_{\text{UETOT}}(s) \end{array} \right\}$$

La secuencia de los valores de  $N_{\text{UETESTEP}}(s)$  se calcula durante el transcurso de la primera micro-simulación basada en evento y a continuación se almacena. En las subsiguientes micro-simulaciones basadas en evento, la secuencia de valores de  $N_{\text{UETESTEP}}(s)$  calculados en la primera micro-simulación basada en evento se obtiene del almacén.

El objeto RNC\_MC 11, realiza también las otras operaciones de:

- seleccionar de forma aleatoria, para cada servicio, los objetos UE\_MC 12, en número  $N_{\text{UETESTEP}}(s)$ , a activar de los  $N_{\text{UETOT}}(s)$  objetos UE\_MC 12 a activar;

- considerar el conjunto de celdas que pertenecen al correspondiente “conjunto candidato” para cada objeto UE\_MC 12;

- simular los procedimientos y/o algoritmos de control de admisión para cada una de las celdas que pertenecen al “conjunto candidato”. Para el estándar UMTS, estos procedimientos y/o algoritmos comprenden, por ejemplo, las siguientes comprobaciones conocidas:

1) una comprobación de la calidad de recepción del canal piloto, utilizando la siguiente expresión:

$$\frac{\text{CPICH\_RSCP}_j}{\text{RSSI}} \geq \text{Squal\_CPICH}$$

donde RSSI indica la potencia de banda ancha total recibida en el enlace descendente, mientras que  $\text{CPICH\_RSCP}_j$  indica la potencia recibida en el canal CPICH. Ambas medidas se simulan en el segundo módulo UE\_PHY 17 por medio de interacción con el objeto RLM 15. Squal\_SCH es un parámetro de configuración de red característico del objeto UE\_MC 12 y se encuentra contenido en el archivo de configuración 6;

3) una comprobación del factor de carga del enlace ascendente, utilizando la siguiente expresión:

$$\eta(j) + \Delta\eta < \eta_{\text{lim}}(j)$$

donde  $\eta(j)$  es el valor actual del factor de carga del enlace ascendente, calculado a partir del factor de aumento de ruido, mientras que  $\eta_{\text{lim}}(j)$  es el umbral de control de admisión para el enlace ascendente. Ambos parámetros se obtienen a partir de la lista de objetos de contexto de celda para la celda  $j$ .  $\Delta\eta$  representa la estimación de carga asociada con el enlace solicitado por el terminal móvil y es un parámetro de configuración de red característico del formato de transporte asociado con el objeto UE\_MC 12 para el enlace ascendente. Si la comprobación entrega como resultado un valor negativo para el formato de transporte asignado actualmente al objeto UE\_MC 12 en cuestión, y si se ha definido para el objeto UE\_MC 12 en cuestión un formato de transporte para el enlace ascendente con una tasa de bit menor que la actual, se repite la comprobación del factor de carga asumiendo que el valor  $\Delta\eta$  es el del formato de transporte que presenta la tasa de bit menor. El procedimiento se reitera hasta que la comprobación entrega como resultado un valor positivo, o hasta que se han agotado los formatos de transporte definidos para el objeto UE\_MC 12 en cuestión para el enlace ascendente;

4) comprobación de la potencia transmitida en el enlace descendente, utilizando la siguiente expresión:

$$P(j) + \Delta P < P_{\text{lim}}(j)$$

donde  $P(j)$  es el valor actual de la potencia transmitida en el enlace descendente por parte de la celda  $j$  y  $P_{\text{lim}}(j)$  es el umbral de control de admisión para la potencia del enlace descendente. Ambos parámetros se obtienen de la lista de objetos de contexto de celda para la celda  $j$ . Adicionalmente,  $\Delta P$  representa la estimación de potencia asociada con el enlace solicitado por el terminal móvil, y es un parámetro de configuración de red característico del formato de transporte asociado con el objeto UE\_MC 12 para el enlace descendente. Si la comprobación entrega como resultado un valor negativo para el formato de transporte asignado actualmente al objeto UE\_MC 12 en cuestión, y si se ha definido para el objeto UE\_MC 12 en cuestión un formato de transporte para el enlace descendente con una tasa de bit menor que la actual, se repite la comprobación del factor de carga asumiendo que el valor  $\Delta P$  es el del formato de transporte con una tasa de bit menor. El procedimiento se reitera hasta que la comprobación entrega como resultado un valor positivo, o hasta que se han terminado los formatos de transporte definidos para el objeto UE\_MC 12 en cuestión para el enlace descendente;

## ES 2 312 821 T3

5) una comprobación del número de códigos asignados en el enlace descendente, utilizando la siguiente expresión:

$$N_{\text{COD}}(j) + n_{\text{UECOD}} < N_{\text{CODMAX}}(j)$$

5 donde  $N_{\text{COD}}(j)$  es el número actual de códigos asignados en el enlace descendente para la celda  $j$  y  $N_{\text{CODMAX}}(j)$  es el umbral de control de admisión relativo al número máximo de códigos disponibles. Ambos parámetros se obtienen de la lista de objetos de contexto de celda para la celda  $j$ . Adicionalmente,  $n_{\text{UECOD}}$  representa el número de códigos solicitados por el servicio asociado con el enlace solicitado por el objeto UE\_MC 12 en cuestión.  $n_{\text{UECOD}}$  es un parámetro de configuración de red característico del formato de transporte asociado con el objeto UE\_MC 12 para el enlace descendente. Si la comprobación entrega como resultado un valor negativo para el formato de transporte asignado actualmente al objeto UE\_MC 12 en cuestión, y si se ha definido para el objeto UE\_MC 12 en cuestión un formato de transporte para el enlace descendente con una tasa de bit menor que la actual, la comprobación del factor de carga se repite con un valor  $n_{\text{UECOD}}$  que se asume que es el del formato de transporte con una tasa de bit menor. El procedimiento se reitera hasta que la comprobación entrega como resultado un valor positivo, o hasta que se han terminado los formatos de transporte definidos para el objeto UE\_MC 12 en cuestión para el enlace descendente.

20 Las celdas para las cuales todas las comprobaciones arriba mencionadas han obtenido un resultado positivo, para uno de los formatos de transporte en cuestión, el objeto RNC\_MC 11 considera que se encuentra en modo de macrodiversidad con el objeto UE\_MC 12 en cuestión. El conjunto de celdas en modo de macrodiversidad se indica por medio del término “conjunto activo”.

25 Las celdas para las cuales por lo menos una de las comprobaciones listadas arriba ha dado resultado negativo, para todos los formatos de transporte en cuestión, no se incluyen por parte del objeto RNC\_MC 11 dentro del conjunto activo de objetos UE\_MC 12 en cuestión. En este caso, para cada una de estas celdas, el objeto RNC\_MC 11 inserta en la lista de enlaces bloqueados 47 una referencia al objeto UE\_MC 12 en cuestión, junto con un código que identifica la comprobación (o conjunto de comprobaciones) cuyo resultado ha sido negativo.

30 También, durante la etapa de procesado de un evento de control de admisión 103, el objeto RNC\_MC 11 realiza además la operación de enviar mensajes a los objetos NodeB\_MC 13 y a los objetos UE\_MC 12 de forma que se cree un canal dedicado en el enlace ascendente entre un transmisor 18 del objeto UE\_MC 12 y un receptor 24 del objeto NodeB\_MC 13, para cada una de las celdas que se considera que se encuentran en modo de macrodiversidad, y un canal dedicado en el enlace descendente entre un receptor 19 del objeto UE\_MC 12 y un transmisor 23 del objeto NodeB\_MC 13, para cada una de las celdas que se considera que se encuentran en modo de macrodiversidad.

40 Los objetos UE\_MC 12 para los cuales se han realizado las comprobaciones y que presentan por lo menos una celda en cada uno de sus conjuntos activos se consideran por parte del objeto RNC\_MC 11 como terminales móviles activos. El objeto RNC\_MC 11 inserta una referencia a estos objetos en una lista de terminales móviles activos 60. El objeto RNC\_MC 11 inserta también una referencia a los objetos UE\_MC 12 que se consideran activos en cada una de las listas de referencia a terminales activos móviles contenidas en las listas de objetos de contexto de celda que se refieren a las celdas en modo de macrodiversidad con los objetos UE\_MC 12 que se consideran activos.

45 El objeto UE\_MC 12 para el cual se han realizado las comprobaciones y que no presentan celdas en sus conjuntos activos se consideran terminales fuera de servicio por parte del objeto RNC\_MC 11; el objeto RNC\_MC 11 inserta una referencia a estos objetos en una lista de terminales móviles fuera de servicio 26, y se asocia con la causa “bloqueado por el control de admisión”.

50 La primera etapa de procesado de un evento de control de potencia 104 comprende, según la presente invención, las siguientes operaciones realizadas por el objeto UE\_MC 12:

55 - simular los procedimientos de medida de relación de señal a ruido realizados por el receptor correspondiente, por medio de interacción con el objeto RLM 11, tanto para el enlace ascendente como para el descendente;

- enviar una orden de control de potencia, basándose en las mediciones realizadas, a todos los transmisores conectados en modo de macrodiversidad con el receptor en cuestión.

60 Específicamente, se definen dos tipos de órdenes de control de potencia:

a) una orden UP, que se envía cuando la relación de señal a ruido medida es menor que la relación de señal a ruido objetivo, definida para el formato de transporte asociado con el enlace en cuestión;

65 b) una orden DOWN, que se envía cuando la relación de señal a ruido medida es mayor que la relación de señal a ruido objetivo, definida para el formato de transporte asociado con el enlace en cuestión. Cada transmisor por tanto recibe una o más órdenes de control de potencia procedentes de los receptores asociados con el mismo. Sobre la base

## ES 2 312 821 T3

de estas órdenes varía la potencia de transmisión asociada con cada enlace, según el siguiente procedimiento que se encuentra en las especificaciones UMTS:

- 5 a) si recibe por lo menos una orden DOWN, disminuye la potencia de transmisión en un valor igual al paso definido para el formato de transporte asociado con el enlace en cuestión. Si el valor de potencia transmitida, después de la aplicación de la reducción, es menor que el valor mínimo especificado para el enlace en cuestión, se establece la potencia de transmisión en el valor mínimo, calculado por medio de restar el valor de la dinámica del transmisor en cuestión (el extremo del terminal móvil o el extremo de nodo B) del valor máximo especificado para el transmisor;
- 10 b) si todas las órdenes que recibe son de tipo UP, aumenta la potencia de transmisión en un valor igual al paso que se define para el formato de transporte asociado con el enlace en cuestión.

15 Si se especifica un valor diferente de cero del retardo de procesado de orden de control de potencia para el formato de transporte asociado con el enlace en cuestión, la variación de potencia no se realiza durante el evento de control de potencia actual: la orden enviada por el receptor se almacena y se procesa en uno de los siguientes eventos de control de potencia, seleccionado según el valor del retardo de procesado.

20 Para cada enlace, cada transmisor almacena también, en un vector de tipo conocido asociado con el transmisor, los valores de la potencia transmitida relativos a los eventos de control de potencia más recientes. El número de valores a almacenar se establece por medio del archivo de configuración 6.

25 En la primera etapa de comprobación de la condición de convergencia de potencia 105, cada transmisor calcula el máximo (P<sub>max</sub>) y el mínimo (P<sub>min</sub>) de los valores de potencia almacenados en el vector asociado con el transmisor. Cada transmisor calcula a continuación la diferencia entre dichos valores máximo y mínimo y la compara con la amplitud de una ventana de convergencia establecida por medio del archivo de configuración 6. Si esta diferencia es menor que la amplitud de la ventana de convergencia, se alcanza la condición de convergencia para el enlace en cuestión. En esta situación, el transmisor envía un mensaje al objeto RNC\_MC 11.

30 El objeto RNC\_MC 11 monitoriza, tanto para el enlace ascendente como para el descendente, el número de mensajes recibidos al final de cada etapa de comprobación de la condición de convergencia del control de potencia 105. Si el número de mensajes recibidos es mayor para cada uno de los dos enlaces que un umbral determinado en términos de porcentaje respecto al número total de transmisores activos para el enlace en cuestión, y que se establece por medio del archivo de configuración 6, el objeto RNC\_MC 11 inserta en la cola de eventos un evento de control de potencia que ejecuta inmediatamente el motor de simulación 10, interrumpiendo la secuencia de eventos de control de potencia. En otro caso, el motor de simulación 10 causa la ejecución de un nuevo evento de control de potencia (primera etapa 104).

40 En la etapa de procesado de un evento de control de congestión 106, el objeto RNC\_MC 11 simula los procedimientos y/o algoritmos de control de congestión. Para el estándar UMTS, por ejemplo, el objeto RNC\_MC 11 realiza las siguientes operaciones:

- comprobación del factor de carga del enlace ascendente:

$$45 \quad \eta(j) + \Delta\eta' < \eta_{\text{lim}}(j)$$

50 donde  $\eta(j)$  es el valor actual del factor de carga del enlace ascendente, calculado a partir del factor de aumento de ruido, mientras que  $\eta_{\text{lim}}(j)$  es el umbral de control de congestión, relativo a la carga, para el enlace ascendente. Ambos parámetros se toman de la lista de objetos de contexto de celda para la celda j;

- comprobación de la potencia transmitida en el enlace descendente:

$$55 \quad P(j) < P'_{\text{lim}}(j)$$

60 donde  $P(j)$  es el valor actual de la potencia transmitida en el enlace descendente por la celda j, mientras que  $P'_{\text{lim}}(j)$  es el umbral de control de congestión, relativo a la potencia, en el enlace descendente. Ambos parámetros se toman de la lista de objetos de contexto de celda para la celda j.

65 Si por lo menos una de las dos comprobaciones entrega un resultado negativo, esto significa que la celda j en cuestión se encuentra en condiciones de sobrecarga. En este caso, el objeto RNC\_UE 11 selecciona un grupo de objetos UE\_MC 12, incluyendo activos, que pertenecen a la clase de servicio con requerimientos menos restrictivos, y les envía un mensaje que les informa de la situación de congestión, con detalles del enlace crítico en términos de congestión (el enlace ascendente, el descendente o ambos). El contenido del grupo, en otras palabras el número de terminales móviles que lo constituyen, se establece por parte del archivo de configuración 6. Cuando cada objeto UE\_MC 12 recibe el mensaje que le informa de la congestión, éste intenta seleccionar un formato de transporte con una tasa de bit menor que la del enlace crítico: si dicho formato de transporte se encuentra disponible, lo selecciona

## ES 2 312 821 T3

como nuevo formato de transporte para el enlace en todas las celdas que pertenecen a su conjunto activo; en otro caso el objeto UE\_MC 12 elimina la celda congestionada de su grupo activo.

En este caso, el objeto RNC\_MC 11 inserta en la lista de enlaces bloqueados 47 una referencia al enlace bloqueado, junto con un código que identifica el enlace que ha dado lugar a la congestión. Si el objeto UE\_MC 12 en cuestión no presenta otras celdas en su conjunto activo, entra en la condición de fuera de servicio. En esta situación, el objeto RNC\_MC 11 inserta una referencia a este terminal móvil en la lista de terminales móviles fuera de servicio 26 con la cual asocia la causa “bloqueo debido al control de congestión”. A continuación el terminal móvil se elimina de la lista de terminales móviles activos 60.

La segunda etapa de procesado de un evento de control de potencia 107 y la segunda etapa de comprobación de la condición de convergencia de potencia 108 son completamente similares a las primeras etapas 104 y 105 que se han descrito anteriormente. En concreto, si la segunda etapa de comprobación de la condición de convergencia de potencia 108 entrega un resultado positivo, en otras palabras si se alcanza la convergencia, el objeto RNC\_MC 11 inserta en la cola de eventos un evento de control de interrupción de servicio que el motor de simulación 10 ejecuta inmediatamente, interrumpiendo la secuencia de eventos de control de potencia. Si se produce el resultado contrario (resultado negativo), el motor de simulación 10 causa la ejecución de la segunda etapa 107.

En la etapa de procesado de un evento de control de interrupción de servicio 109, el objeto RNC\_MC 11 envía a todos los objetos UE\_MC 12 activos (en otras palabras los que presentan conjuntos activos) un mensaje que dispara, para cada objeto UE\_MC 12, los procedimientos y/o algoritmos de control de interrupción de servicio especificados en el estándar UMTS. Para el estándar UMTS, estos procedimientos y/o algoritmos requieren que cada objeto UE\_MC 12 realice las siguientes operaciones:

- comprobar que la diferencia en dB entre la potencia máxima asociada con el objeto UE\_MC 12 en cuestión y la potencia transmitida en el enlace ascendente es mayor que un umbral dado, que se establece por medio del archivo de configuración 6;

- comprobar que la diferencia en dB entre la relación de señal a ruido en el enlace descendente y la relación de señal a ruido objetivo especificada para el servicio solicitado es positiva o negativa, pero menor en términos absolutos que un umbral dado, que se establece por medio del archivo de configuración 6.

Si por lo menos una de las dos comprobaciones entrega un resultado negativo, el objeto UE\_MC 12 intenta seleccionar un formato de transporte con una tasa de bit menor, respecto a la interrupción del servicio, que la del enlace crítico: si este formato de transporte se encuentra disponible, lo selecciona como nuevo formato de transporte para todas las celdas que pertenecen a su conjunto activo; en otro caso entra en la condición de fuera de servicio.

En este caso, el objeto RNC\_MC 11 inserta en la lista de terminales móviles fuera de servicio 26 una referencia a este terminal móvil, asociándola con la causa “bloqueo debido al control de interrupción de servicio”. A continuación el terminal móvil se elimina de la lista de terminales móviles activos 60.

La tercera etapa de procesado de un evento de control de potencia 110 y la tercera etapa de comprobación de la condición de convergencia de potencia 111 son totalmente similares a las primeras etapas 104 y 105. En concreto, si la tercera etapa de comprobación de la condición de convergencia de potencia 111 entrega un resultado positivo, en otras palabras si se alcanza la convergencia, el objeto RNC\_MC 11 inserta en la cola de eventos un evento para recoger y procesar los resultados estadísticos 112, que el motor de simulación 10 ejecuta inmediatamente, interrumpiendo la secuencia de eventos de control de potencia.

Si se cumple lo contrario (resultado negativo), el motor de simulación 10 causa una nueva ejecución de la tercera etapa 110.

En la etapa de recogida y procesado de los resultados estadísticos 112, el objeto RNC\_MC 11 envía a todos los objetos de simulación un mensaje que empieza la recogida de los datos estadísticos. Para cada tipo de valor simulado, se define un módulo dedicado de procesado estadístico, como se indica por medio del número de referencia 8a en la figura 1, y se procede a recoger los resultados estadísticos asociados con dicho valor.

Los resultados estadísticos asociados con un valor pueden, por ejemplo, consistir en el valor medio, el valor central, la variación, la desviación estándar, la distribución de probabilidad y la distribución acumulativa.

En detalle, cada objeto de simulación (comprendiendo el objeto RNC\_MC 11) envía a los módulos de procesado de datos 8a los resultados estadísticos 113 relativos a valores simulados que son particularmente significativos para el objeto. Por ejemplo, los objetos UE\_MC 12 envían resultados estadísticos 113 para los siguientes valores: la potencia de transmisión en el enlace ascendente, la relación de señal a ruido en el enlace descendente, la tasa de bit del enlace ascendente, la tasa de bit del enlace descendente, el valor del parámetro EC/Lo del canal piloto CPICH (que expresa la relación de señal a ruido para el canal piloto CPICH), y el tamaño actual del conjunto activo correspondiente. Los objetos NodeB\_MC 13 envían, para cada celda asociada con los mismos, resultados estadísticos 113 para los siguientes valores: potencia total transmitida en el enlace descendente, factor de carga para el enlace ascendente, factor de interferencia inter-celda para el enlace ascendente, y potencia transmitida para cada enlace descendente. El objeto

## ES 2 312 821 T3

RNC\_MC 11 envía resultados estadísticos 113 para los siguientes valores: número de terminales móviles bloqueados por el control de admisión durante el transcurso de la simulación, número de terminales móviles bloqueados por el control de congestión durante el transcurso de la simulación, número de terminales móviles bloqueados por el control de interrupción de servicio durante el transcurso de la simulación, y relación de señal a ruido para cada enlace ascendente.

Los módulos de procesado de datos 8a reciben los resultados estadísticos 113 para los diferentes valores simulados, y los utilizan para calcular un indicador de exactitud para cada valor. Los indicadores de exactitud se pueden definir, por ejemplo, en términos de intervalos de confianza asociados con los resultados estadísticos o con un subconjunto de los resultados, según procedimientos conocidos como los que se describen en J. P. C. Leijen, *Statistical Techniques in Simulation*, Dekker, 1974. El tamaño de los intervalos de confianza se define en el archivo de configuración 6. Los indicadores de exactitud se pueden definir también, por ejemplo, como indicadores de estabilidad de los datos estadísticos. Por ejemplo, un indicador de estabilidad  $\delta X$  se puede definir para el valor medio de un valor  $X$  al final de la micro-simulación basada en  $n$  eventos, según la siguiente expresión:

$$\delta X = E_n\{X\} - E_{n-1}\{X\}$$

donde  $E_n\{X\}$  indica la media del valor  $X$  determinada al final de la simulación  $n$ , mientras que  $E_{n-1}\{X\}$  indica la media del valor  $X$  determinada al final de la simulación  $n-1$ .

Estos indicadores de exactitud se almacenan a continuación en la base de datos de simulación 8, junto con los datos estadísticos.

Ventajosamente, la información proporcionada por estos indicadores de exactitud se puede utilizar para minimizar el tiempo de simulación, mientras que se proporciona un control total de la exactitud y fiabilidad de los resultados.

En la etapa de comprobación de la exactitud de los datos estadísticos resultantes 116, el motor de simulación 10 compara cada indicador de exactitud obtenido en la etapa de recoger y procesar los resultados estadísticos 112 con un umbral de exactitud correspondiente predeterminado definido en el archivo de configuración 6.

Si se supera este umbral de exactitud, el motor de simulación 10 termina el algoritmo de simulación 100 (stop); en otro caso el motor de simulación 10 causa la ejecución de una nueva etapa de micro-simulación basada en evento 102.

La figura 6 muestra en un diagrama de flujo un ejemplo del funcionamiento del algoritmo de simulación según la presente invención.

En el ejemplo de la figura 6, el algoritmo de simulación 200, según la presente invención, comprende una primera y una segunda micro-simulación basada en evento 201 y 202.

Más específicamente, el algoritmo de simulación 200 empieza con una etapa de inicialización de la simulación 207.

El algoritmo de simulación 200 a continuación procede a la ejecución de la primera micro-simulación basada en evento 201 en la cual, después de una etapa de inicialización de la micro-simulación 208, se procesa un primer evento de control de admisión 203. En el primer evento de control de admisión 203, se especifica la distribución de  $n1$  terminales móviles en el escenario de la simulación (primer escenario de tráfico), donde estos terminales corresponden a  $n1$  objetos UE\_MC 12 y dividiéndose si es necesario en grupos que pertenecen a diferentes servicios.

La primera micro-simulación basada en evento 201 a continuación procede con el procesado de un primer evento de control de potencia, continuando con la comprobación de la condición de convergencia de potencia y con la recogida y procesado de los primeros resultados estadísticos 209 relativos a los  $n1$  terminales móviles.

El algoritmo de simulación 200 procesa a continuación un segundo evento de control de admisión 206, en el cual se distribuyen en el escenario de la simulación  $n2$  terminales móviles (segundo escenario de tráfico), que corresponden a  $n2$  objetos UE\_MC 12, divididos si es necesario en grupos que pertenecen a diferentes servicios. Los  $n2$  terminales móviles se suman a los  $n1$  terminales móviles distribuidos anteriormente.

A continuación la primera micro-simulación basada en evento 201 procede al procesado de un segundo evento de control de potencia, continuando con la comprobación de la condición de convergencia de potencia y la recogida y procesado de unos segundos resultados estadísticos 210 referidos a  $n1+n2$  usuarios.

A continuación el algoritmo de simulación 200 procede a la ejecución de la segunda micro-simulación basada en evento 202 que es totalmente similar a la primera micro-simulación basada en evento 201.

Específicamente, la segunda micro-simulación basada en evento 202 comprende: una etapa de inicialización de la micro-simulación 211; el procesado de un primer evento de control de admisión 205, en el cual se distribuyen en el escenario de la simulación  $n1$  terminales móviles (primer escenario de tráfico), que corresponden a  $n1$  objetos UE\_MC

12, divididos si es necesario en grupos que pertenecen a diferentes servicios; el procesado de un primer evento de control de potencia; la comprobación de la condición de convergencia de potencia; la recogida y procesado de unos primeros resultados estadísticos 212 relativos a los n1 usuarios; y el procesado de un segundo evento de control de admisión 206, en el cual se distribuyen en el escenario de la simulación n2 terminales móviles, que corresponden a los n2 objetos UE\_MC 12, divididos si es necesario en grupos que pertenecen a diferentes servicios. Los n2 terminales móviles se suman a los n1 terminales móviles distribuidos anteriormente, formando de esta forma un segundo escenario de tráfico que consiste en n1+n2 usuarios.

La segunda micro-simulación basada en evento 202 procede a continuación al procesado de un segundo evento de control de potencia, la comprobación de la condición de convergencia de potencia, y la recogida y procesado de unos segundos resultados estadísticos 213 relativos a n1+n2 usuarios.

El algoritmo de simulación 200 por tanto hace posible evaluar conjuntamente un primer escenario de tráfico referido a n1 terminales móviles y un segundo escenario de tráfico que se refiere a n1+n2 terminales móviles. Este resultado se obtiene proporcionando módulos separados dedicados al procesado de los resultados estadísticos que se refieren a n1 y a n1+n2 terminales móviles respectivamente.

Específicamente, un primer módulo, asociado con el primer escenario de tráfico, procesa conjuntamente los primeros resultados estadísticos 209 disponibles después del evento de recogida de resultados estadísticos para la primera micro-simulación basada en evento 201 y los primeros resultados estadísticos 212 disponibles después del evento de recogida de resultados estadísticos para la segunda micro-simulación basada en evento 202, para obtener indicadores de rendimiento para el primer escenario de tráfico.

Un segundo módulo, asociado con el segundo escenario de tráfico, procesa conjuntamente los segundos resultados estadísticos 210 disponibles después del evento de recogida de resultados estadísticos para la primera micro-simulación basada en evento 201 y los segundos resultados estadísticos 213 disponibles después del evento de recogida de resultados estadísticos para la segunda micro-simulación basada en evento 202, para obtener indicadores de rendimiento para el segundo escenario de tráfico.

Los indicadores de rendimiento para el primer y el segundo escenario de tráfico se almacenan en la base de datos de simulación 8.

Las ventajas del procedimiento de evaluación del rendimiento de una red de telefonía móvil de servicio múltiple según la presente invención se hacen evidentes a partir de la descripción anterior.

En concreto, se debería subrayar que el procedimiento de evaluación según la presente invención hace posible simular los procedimientos y/o algoritmos de administración de recurso radioeléctrico con exactitud y fiabilidad adecuadas, mientras que se minimiza el tiempo que se requiere para la simulación.

Además, el procedimiento de evaluación según la presente invención puede simular una pluralidad de escenarios de tráfico en una única simulación mientras se proporciona un control adecuado de la exactitud y fiabilidad de los resultados.

Finalmente, el procedimiento de evaluación que aquí se describe e ilustra se puede claramente modificar y variar de múltiples formas, todas contenidas dentro del ámbito del concepto inventivo como se define en las reivindicaciones adjuntas.

Por ejemplo, el procedimiento de evaluación según la presente invención se puede aplicar a redes de telefonía móvil de servicio múltiple basadas en estándares distintos del estándar UMTS, como el estándar CDMA 2000 o el GSM/EDGE. Para este propósito, será necesario:

- definir los objetos de simulación y las estructuras de datos correspondientes de forma que se correspondan con el equipamiento de red y el equipamiento de terminales móviles que proporciona el sistema a simular;
- redefinir la evolución de la simulación, para modelar el comportamiento de los algoritmos de administración de recurso radioeléctrico proporcionados por el tipo de red de telefonía móvil a simular.

#### Referencias citadas en la presente descripción

*Esta lista de referencias citadas por el solicitante es solamente para la conveniencia del lector. No forma parte del documento de Patente Europea. Aunque se ha prestado gran atención a la recopilación de las referencias, no se pueden descartar errores u omisiones y la Oficina Europea de Patentes declina cualquier responsabilidad respecto a la misma.*

#### Documentos de patente citados en la presente descripción

- US 6111857 A [0004]

## ES 2 312 821 T3

- WO 03003775 A [0005]
- EP 1328131 A1 [0006]
- 5 • WO 02104055 A [0012] [0037] [0037] [0037] [0037]
- WO 03094538 A2 [0017]
- 10 • WO 35872 A [0033]

### Literatura no de patente citada en la presente descripción

- G. MARSAGLIA; K. ANANTHANARAYANAN; N. PAUL. Random Number Generator Package - 'Super Duper'. *School of Computer Science, 1973* [0039]

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

# ES 2 312 821 T3

## REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para evaluar el rendimiento de una red de telefonía móvil, que comprende las etapas de:

- simular (102, 201) una primera configuración de dicha red de telefonía móvil;
- simular (202) una segunda configuración de dicha red de telefonía móvil;

donde dichas primera y segunda configuración de dicha red de telefonía móvil son estadísticamente independientes la una de la otra; comprendiendo cada una de dichas etapas de simulación la etapa de:

- especificar un número total de usuarios a simular,  $N_{\text{UETOT}}(s)$ ; y

donde cada una de dichas etapas de simulación (102, 201, 202) se **caracteriza** por el hecho de que comprende las etapas de:

- identificar (103, 203, 204, 205, 206) bloques de usuario  $N_{\text{UESTEP}}(s)$  comprendidos dentro de dicho número total de usuarios a simular  $N_{\text{UETOT}}(s)$ ;

- activar (103, 203, 204, 205, 206) dichos bloques de usuario sucesivamente hasta que se alcanza dicho número total de usuarios a simular  $N_{\text{UETOT}}(s)$ , indicando cada bloque de usuario una distribución de tráfico; y

- procesar (103, 106, 109, 203, 204, 205, 206) por lo menos un evento de administración de recurso radioeléctrico referido a la distribución de tráfico asociada con cada bloque de usuario activado actualmente.

2. Procedimiento de evaluación según la reivindicación 1,

**caracterizado** por el hecho de que comprende la etapa de:

- repetir dichas etapas de simulación de dicha red de telefonía móvil hasta que se alcanza un umbral de exactitud predeterminado para cada valor de red simulado.

3. Procedimiento de evaluación según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** por el hecho de que cada bloque de usuario activado  $N_{\text{UESTEP}}(s)$  comprende por lo menos un usuario.

4. Procedimiento de evaluación según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** por el hecho de que dicha etapa (103, 104, 106, 107, 109, 110, 203, 204, 205, 206) de procesado de por lo menos un evento de administración de recurso radioeléctrico comprende la etapa de:

- ejecutar por lo menos un algoritmo de administración de recurso radioeléctrico.

5. Procedimiento de evaluación según la reivindicación 4, **caracterizado** por el hecho de que dicho algoritmo de administración de recurso radioeléctrico comprende un algoritmo de control de admisión (103, 203, 204, 205, 206).

6. Procedimiento de evaluación según la reivindicación 5, **caracterizado** por el hecho de que comprende las etapas de:

- detectar que por lo menos un umbral de control de admisión ha sido excedido por lo menos por uno de los usuarios que pertenecen al bloque de usuario actualmente activado  $N_{\text{UESTEP}}(s)$ ; y

- llevar a dicho usuario fuera de servicio.

7. Procedimiento de evaluación según cualquiera de las reivindicaciones 4-6, **caracterizado** por el hecho de que dicho algoritmo de administración de recurso radioeléctrico comprende un algoritmo de control de congestión (106).

8. Procedimiento de evaluación según la reivindicación 7, **caracterizado** por el hecho de que comprende las etapas de:

- detectar que por lo menos un umbral de control de congestión ha sido excedido por lo menos por uno de los usuarios que pertenecen al bloque de usuario actualmente activado  $N_{\text{UESTEP}}(s)$ ; y

- llevar a dicho usuario fuera de servicio.

9. Procedimiento de evaluación según cualquiera de las reivindicaciones 4-8, **caracterizado** por el hecho de que dicho algoritmo de administración de recurso radioeléctrico comprende un algoritmo de interrupción de servicio (109).

## ES 2 312 821 T3

10. Procedimiento de evaluación según la reivindicación 9, **caracterizado** por el hecho de que comprende las etapas de:

- 5 - detectar que por lo menos un umbral de potencia para el control de interrupción de servicio ha sido excedido por lo menos por uno de los usuarios que pertenecen al bloque de usuario actualmente activado  $N_{\text{UESTEP}}(s)$ ; y
- llevar a dicho usuario fuera de servicio.

11. Procedimiento de evaluación según cualquiera de las reivindicaciones 2-10, **caracterizado** por el hecho de que dicha etapa de repetir dichas etapas de simulación de dicha red de telefonía móvil comprende:

- 15 - una etapa (112) de recogida y procesado de resultados estadísticos (113); y
- una etapa (116) de comprobación de la exactitud de los resultados estadísticos resultantes.

12. Procedimiento de evaluación según la reivindicación 11, **caracterizado** por el hecho de que dicha etapa de recogida y procesado de resultados estadísticos comprende las etapas de:

- 20 - recoger (8a) resultados estadísticos (113) relativos a valores de red simulados; y
- obtener (8a) por lo menos un indicador de exactitud para cada uno de dichos valores de red simulados.

13. Procedimiento de evaluación según la reivindicación 12, **caracterizado** por el hecho de que dicho por lo menos único indicador de exactitud comprende por lo menos un parámetro seleccionado entre el intervalo de confianza de un valor estadístico y el indicador de estabilidad de un valor estadístico.

14. Procedimiento de evaluación según cualquiera de las reivindicaciones 11-13, **caracterizado** por el hecho de que dicha etapa de comprobación de la exactitud de los datos estadísticos resultantes comprende las etapas de:

- 30 - comparar (10), para cada valor de red simulada, dicho por lo menos único indicador de exactitud con el umbral de exactitud predeterminado correspondiente;
- terminar (10) la simulación cuando dicho por lo menos único indicador de exactitud alcanza dicho umbral de exactitud predeterminado.

15. Equipo para la simulación de por lo menos una primera y una segunda configuración de una red de telefonía móvil, siendo dichas primera y segunda configuración de red estadísticamente independientes la una de la otra, y donde cada una comprende un número total de usuarios a simular  $N_{\text{UETOT}}(s)$ , estando **caracterizado** dicho equipo de simulación (5) por el hecho de que comprende:

40 - por lo menos un objeto (11) que representa un controlador de red que pertenece a dicha red de telefonía móvil; donde dicho por lo menos único objeto (11) comprende:

45 - primeros módulos (103, 203, 204, 205, 206) adaptados para identificar bloques de usuario  $N_{\text{UESTEP}}(s)$  comprendidos dentro de dicho número total de usuarios a simular  $N_{\text{UETOT}}(s)$ ;

- segundos módulos (103, 203, 204, 205, 206) adaptados para activar dichos módulos de usuario sucesivamente hasta que se alcanza dicho número total de usuarios a simular  $N_{\text{UETOT}}(s)$ , donde cada bloque de usuario indica una distribución de tráfico; y

50 - terceros módulos (103, 106, 109, 203, 204, 205, 206) adaptados para procesar por lo menos un evento de administración de recurso radioeléctrico relativo a la distribución de tráfico asociada con cada bloque de usuario activado.

16. Equipo de simulación según la reivindicación 15, **caracterizado** por el hecho de que por lo menos un objeto (11) comprende estructuras de datos (25, 26, 30, 60) para soportar el procesado de dicho por lo menos único evento de administración de recurso radioeléctrico, comprendiendo dichas estructuras de datos:

- 60 - una lista de usuarios activables (25);
- una lista de usuarios activos (60); y
- un grupo (26) de listas de usuarios fuera de servicio;
- 65 - un mapa de recursos del sistema (30).

17. Equipo de simulación según la reivindicación 16, **caracterizado** por el hecho de que dicho mapa de recursos del sistema (30) comprende una pluralidad de estructuras, donde cada una representa un dispositivo transeptor que pertenece a dicha red de telefonía móvil, donde cada estructura comprende una referencia al dispositivo transeptor

## ES 2 312 821 T3

correspondiente y una lista de objetos de contexto de celda, uno por cada célula controlada por dicho dispositivo transceptor.

5 18. Equipo de simulación según la reivindicación 17, **caracterizado** por el hecho de que cada objeto de contexto de celda comprende grupos de parámetros de administración de recurso radioeléctrico (48, 49).

10 19. Equipo de simulación según la reivindicación 17, **caracterizado** por el hecho de que dichos grupos de parámetros (48, 49) comprenden por lo menos un parámetro seleccionado entre: un umbral de carga para el control de admisión, un umbral de carga para el control de congestión, y un umbral de potencia para el control de interrupción de servicio.

15 20. Equipo de simulación según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** por el hecho de que comprende un motor de simulación (10) que comprende un módulo planificador de eventos para especificar la secuencia de operaciones realizadas por dicho equipo de simulación (5).

20 21. Programa para ordenador electrónico, que se puede cargar en la memoria de por lo menos un ordenador electrónico y que comprende códigos de programa para implementar las etapas del procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 1-14 cuando dicho ordenador electrónico ejecuta dicho programa.

25

30

35

40

45

50

55

60

65

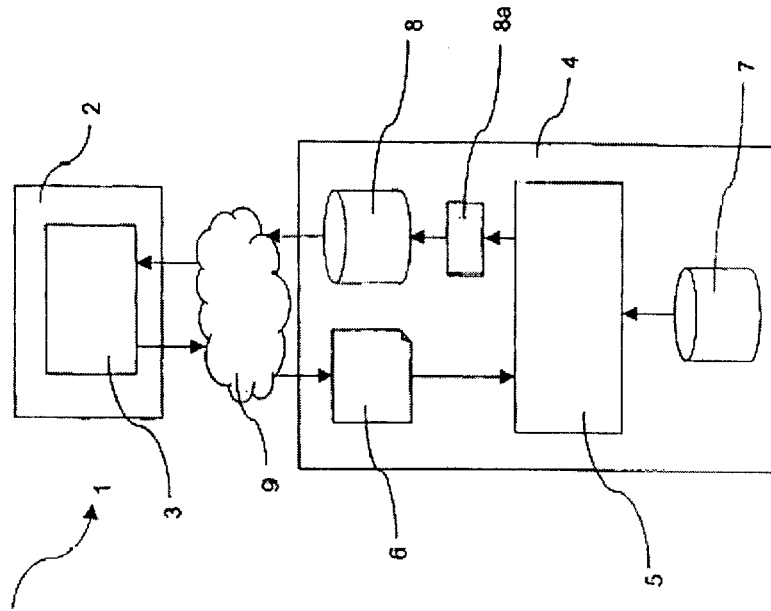


FIG. 1

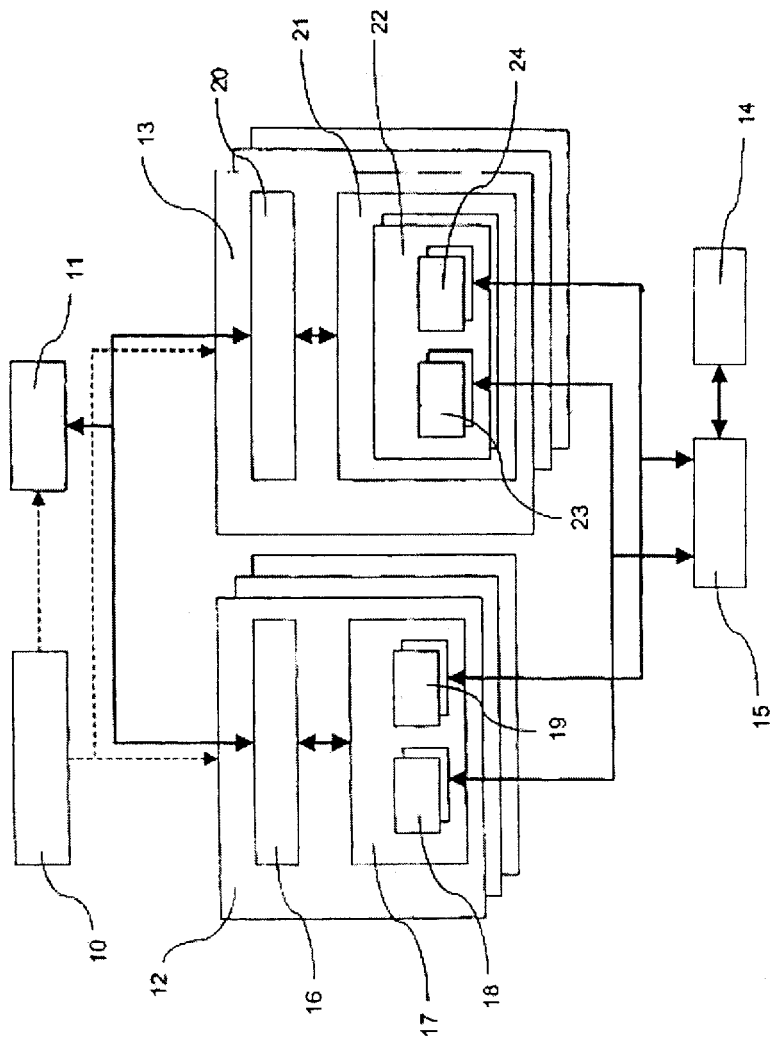


FIG. 2



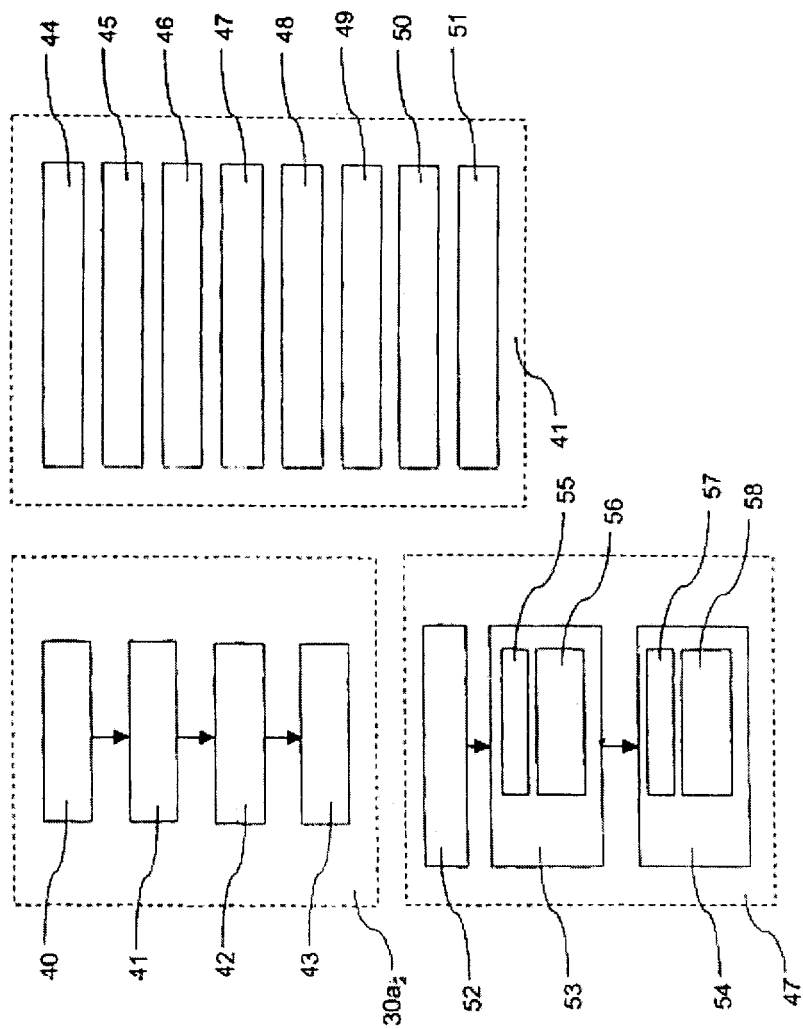


FIG. 4

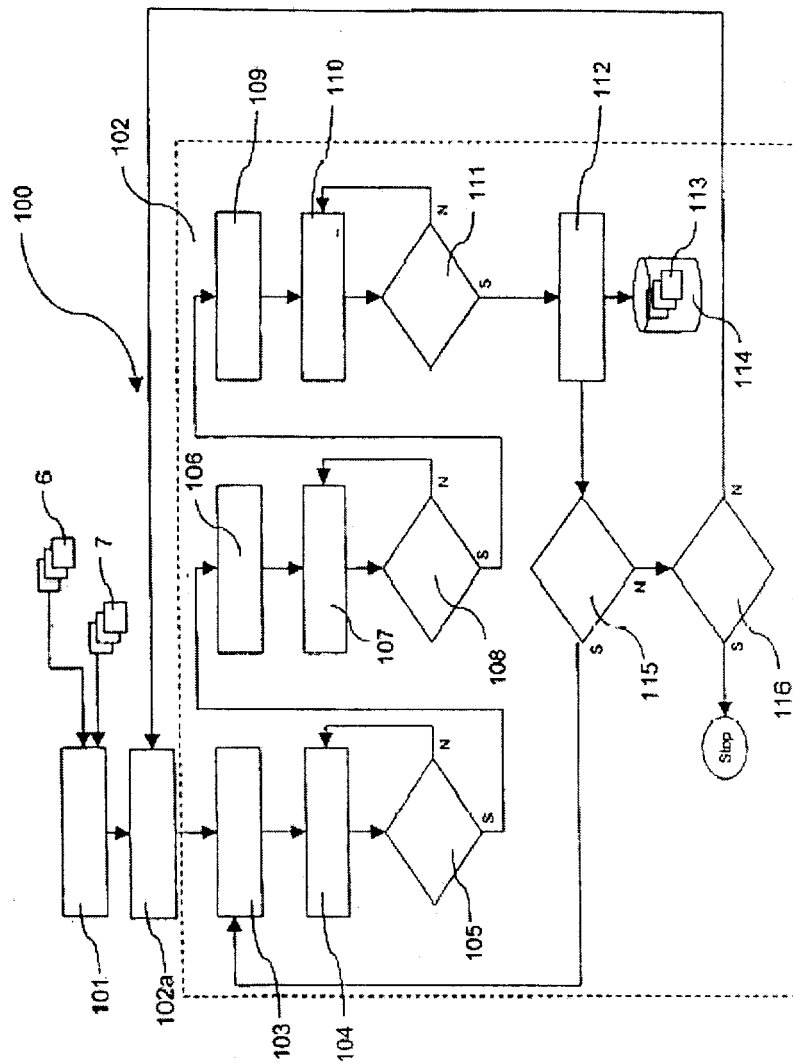


FIG. 5

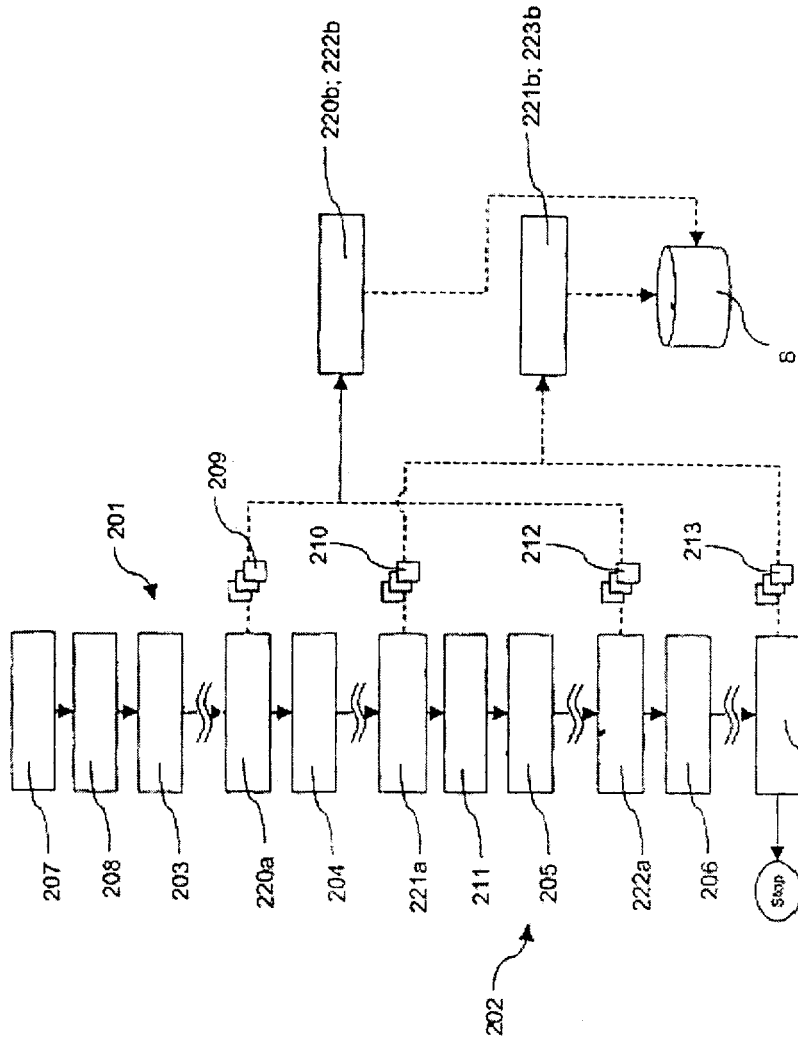


FIG.6