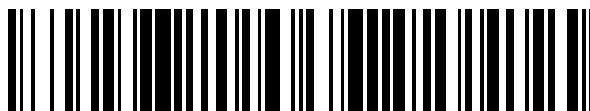


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 596 705**

51 Int. Cl.:

**H04W 16/18** (2009.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.11.2013** **E 13382445 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.08.2016** **EP 2869622**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo para localizar actividad de red en redes de comunicación celular**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**11.01.2017**

73 Titular/es:

**TELEFÓNICA DIGITAL ESPAÑA, S.L.U. (100.0%)**  
**Gran Vía 28**  
**28013 Madrid, ES**

72 Inventor/es:

**RODRIGUES CRESPO, MIGUEL ÁNGEL;**  
**DÍAZ VICO, DAVID y**  
**MARTÍNEZ LÓPEZ, ROCÍO**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

**ES 2 596 705 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 localizar actividad de red en redes de comunicación celular

**CAMPO TÉCNICO DE LA INVENCION**

5 La presente invención se refiere a un procedimiento y a un dispositivo para localizar actividad de red en redes de comunicación celular y, más específicamente, a un procedimiento y dispositivo que permiten asignar la actividad de red de una red de comunicación inalámbrica a áreas terrestres específicas dentro del área de cobertura de una red de comunicación celular. Dicha asignación es muy importante para la optimización de la red de acceso inalámbrico.

**ANTECEDENTES DE LA INVENCION**

10 Las redes de comunicación inalámbrica (como, por ejemplo, las redes de 2G, 3G, 4G, 5G, LTE y las redes WIFI) están desplegadas en muchas partes del mundo desarrollado y el tráfico que gestionan está aumentando continuamente. Dichas redes son redes de radio que proporcionan cobertura sobre distintas áreas terrestres llamadas células, cada una de ellas servida por medio de al menos un transceptor de ubicación fija (que incluye una antena para la transmisión / recepción), conocido como estación base o emplazamiento de célula (este tipo de redes también se llaman redes de comunicaciones celulares). Normalmente, para evitar interferencia y proporcionar un  
15 ancho de banda garantizado dentro de cada célula, cada célula usa un conjunto de frecuencias distinto al de las células vecinas. Cuando se unen entre sí, estas células proporcionan cobertura de radio sobre una amplia área geográfica.

20 Se supone que cada célula (también llamada célula de antena) da cobertura a una cierta área, que puede estar representada por un polígono de cobertura asociado a esa célula. Pero la misma área (o parte de ella) también puede ser cubierta por otras células, a fin de dar redundancia y hacer que la red sea más robusta ante fallos celulares. Así, la cobertura de la red puede estar globalmente representada por una enorme cantidad de polígonos de coberturas solapadas (cada uno asociado a una célula).

25 La red de acceso por radio es la parte más compleja y cara de una red móvil, por lo que ha de ser cuidadosamente diseñada (número de células, ubicación de cada célula, capacidad de Transmisión / Recepción de cada célula...). Los operadores usan herramientas de planificación de redes con este fin. Sin embargo, el tráfico gestionado por cada célula de la red no es fijo, sino que cambia significativamente en breves periodos de tiempo (por ejemplo, debido a la aparición de nuevos servicios o a la celebración de un suceso masivo, o porque un nuevo edificio es construido en una cierta área, o por muchos otros motivos). Por tanto, no es suficiente tener un buen diseño al comienzo del despliegue de la red, sino que dicho diseño debe ser optimizado cada cierto periodo (breve) de tiempo,  
30 para asegurar que se mantiene la calidad del servicio ofrecido al usuario. Por ejemplo, algunas células nuevas deben ser añadidas en ciertas zonas donde ha aumentado el tráfico, algunas células existentes deben ser desplazadas o eliminadas, la capacidad de las células debe ser aumentada o reducida, algunos parámetros operativos de las células deben ser cambiados... Y, por supuesto, dicha optimización debe ser realizada manteniendo la calidad del servicio y minimizando los recursos de radio usados (ya que son muy caros para el  
35 operador de la red).

40 A fin de realizar dicha optimización de la red de acceso por radio, es fundamental tener información actualizada acerca de la actividad de la red en el área de cobertura. La actividad de la red puede ser definida como el uso de los recursos de la red (por ejemplo, en una cierta zona o en una cierta célula). Esta actividad de la red depende de muchos parámetros distintos y, por lo tanto, puede ser medida, directa o indirectamente, de muchas maneras distintas, por ejemplo, la carga de tráfico y / o el número de llamadas y / o el ancho de banda ocupado y / o el número de mensajes SMS o el número de usuarios que utilizan un cierto servicio de comunicaciones...

45 La operación normal de las redes celulares registra la actividad que está siendo procesada por cada célula individual en un momento dado. Pero no es obvio tener una correlación entre la actividad de la célula y el terreno. Aunque se sabe que la antena está geográficamente situada en un cierto lugar, la actividad procesada por esa antena, en efecto, puede tener lugar en cualquier punto dentro de su área de cobertura. Es decir, la célula no da información adicional acerca de cómo se distribuye dicha actividad dentro de su área de cobertura.

50 Y, además, las áreas de cobertura de las células están solapadas. Efectivamente, muchas de las áreas dentro del área de cobertura de la red (especialmente en zonas de alto tráfico, como las ciudades) están cubiertas por más de una célula, haciendo aún más difícil conocer exactamente la actividad de la red en una cierta área dentro del área de cobertura de la red.

55 El tener un conjunto de células que produce cobertura solapada sobre un área geográfica dificulta tener una visión clara de qué actividad de red resultante tiene lugar en una cierta parte del área terrestre. Es mucho más fácil representar y entender la actividad de la red si está asignada a partes no solapadas que cubren toda el área amplia de interés. Por ejemplo, el área amplia de interés puede ser segmentada en baldosas usando una cuadrícula. Sin embargo, las simplificaciones que fuerzan que no exista ningún solapamiento entre áreas de cobertura de células de antena (como con un mosaico puro de Voronoi) no son realistas. Por lo tanto, se necesita un procedimiento para obtener la cobertura en baldosas no solapadas a partir de células de antena cuya cobertura pueda solaparse, como

ocurre normalmente.

Hay algunas propuestas de la tecnología anterior que divulgan técnicas para correlacionar de alguna forma la actividad de la célula con el terreno.

5 Por ejemplo, el documento US8437765B2 muestra un procedimiento que implica identificar los dispositivos móviles dentro de un área geográfica asociada a una red portadora. Los valores para las células pequeñas son asignados en base a las estadísticas de red. El área geográfica es dividida en las células. Un mapa de la cuadrícula es creado para el área geográfica. El mapa de la cuadrícula es dividido en cuadrículas en base a un área de cobertura asociada a una de las células pequeñas. Los valores totales para las cuadrículas son calculados en base a los valores asignados. Las cuadrículas son seleccionadas para ubicar las células pequeñas en base a los valores  
10 totales.

El documento US6853845B2 muestra un procedimiento y un sistema para determinar una cobertura de célula realzada, localizando un terminal móvil en un sistema de comunicación móvil celular. El área geográfica es dividida en píxeles. Se halla la antena más cercana para cada píxel, y todos los píxeles asignados a una antena constituyen la célula de antena. Se construye un área rectangular que cubre esta área, y el círculo más pequeño que la cubre es la célula realzada de la antena.  
15

El documento DE 196 17 440 A1 muestra un procedimiento que implica dividir el área de cobertura de una red de radio en una cuadrícula de baldosas. Al menos una célula de radio es asignada a cada baldosa, y cada baldosa recibe ponderaciones de acuerdo a la carga de tráfico y la calidad medidas, y a un parámetro que caracteriza el uso del terreno.

20 Pero ninguna de las soluciones de la técnica anterior resuelve exitosamente los problemas anteriormente expuestos de correlación de la actividad de red con áreas no solapadas. Además, las soluciones actuales no tienen en cuenta los siguientes hechos:

- El terreno tiene características distintas (lagos, edificios, caminos...) que influyen sobre cuánta actividad de la red puede ser asignada a una baldosa específica de la cuadrícula, según cuántas personas acostumbran estar ocupando esa cuadrícula. Dos baldosas distintas, a pesar de tener la misma área y de estar cubiertas por el mismo conjunto de células, pueden recibir distintas magnitudes de actividad de la red, según su información de uso del terreno.  
25

- Se sabe que la cobertura asociada a cada célula de la red varía según la distancia desde la antena. Por ello es insatisfactorio considerar una cobertura uniforme dentro de un único polígono de cobertura asociado a una célula.

30 Por tanto, es necesaria una técnica que asigne, tan exacta y eficazmente como sea posible, la actividad de la red a áreas terrestres (p. ej., en un mapa) para permitir una optimización del diseño y la gestión del acceso por radio, teniendo en cuenta, tanto como sea posible, la distribución real y actualizada de la actividad de la red en el área de cobertura. Las realizaciones propuestas de la invención, expuestas más adelante, proporcionarán dichos mecanismos, superando al menos algunos de los inconvenientes de las soluciones de la técnica anterior.

### 35 **SUMARIO DE LA INVENCION**

Los problemas hallados en las técnicas de la tecnología anterior son generalmente resueltos o sorteados, y son logradas ventajas técnicas, en general, por las realizaciones divulgadas, que proporcionan un procedimiento y un dispositivo para localizar la actividad de la red en redes de comunicación inalámbrica para áreas terrestres. La presente invención permite asignar actividad de red a áreas terrestres (teniendo en cuenta, entre otras cosas, las características físicas del terreno) tan exactamente como sea posible, permitiendo por tanto un diseño de red eficaz y la optimización de la actualización y la gestión.  
40

En un primer aspecto, se proporciona un procedimiento para asignar actividad de red de una red de comunicaciones celulares a áreas terrestres de una cierta área de interés, sirviendo dicha red de comunicaciones celulares a un grupo de células, estando cada una de ellas servida por al menos una antena, comprendiendo el procedimiento las siguientes etapas realizadas por un dispositivo electrónico:  
45

a) Para cada célula del grupo de células, obtener información de célula e información de la cobertura de la célula como función de la distancia desde la antena, donde dicha información de célula incluye información de ubicación de la antena que sirve a la célula

50 b) Dividir dicha área de interés en un conjunto de zonas adyacentes, no intersecantes, llamadas baldosas (p. ej., formando dichas baldosas una cuadrícula) y asignar a cada baldosa un factor de uso del terreno, siendo dicho factor de uso del terreno un parámetro que indica la parte del área de la baldosa donde es posible tener actividad de red.

c) Para cada célula del grupo de células, definir un polígono de cobertura de la célula

d) Para cada polígono de cobertura de célula, definir uno o más sub-polígonos según la información de la cobertura de la célula como función de la distancia desde la antena, y asignar a cada sub-polígono un factor de distancia,

siendo dicho factor de distancia un parámetro que indica la parte de la actividad de la célula que está asignada a cada sub-polígono (dicho factor de distancia puede ser calculado según la información de la cobertura de la célula como función de la distancia desde la antena)

5 e) Calcular áreas de intersección entre cada baldosa y cada sub-polígono de célula y ponderar cada área de intersección con el factor de uso del terreno de la baldosa correspondiente.

f) Para cada baldosa y cada célula, determinar una dispersión de la actividad de red de dicha célula en dicha baldosa, en base a las áreas de intersección ponderadas entre dicha baldosa de la cuadrícula y los sub-polígonos de dicha célula, y el factor de distancia asignado a cada sub-polígono de dicha célula.

10 El procedimiento puede comprender adicionalmente: crear una tabla que contenga, para todas las combinaciones de células y baldosas de la cuadrícula que tienen una intersección, el valor de dispersión para dicha célula y dicha baldosa.

15 Optativamente, el procedimiento puede comprender adicionalmente: obtener la actividad de red de una baldosa específica aplicando, para cada célula donde cualquiera de sus sub-polígonos tenga una intersección con la baldosa, el valor de dispersión, para dicha baldosa de la cuadrícula y para dicha célula, a la actividad de red de dicha célula, y sumando los resultados obtenidos para todas las células donde cualquiera de sus sub-polígonos tenga una intersección con la baldosa.

En una realización, la etapa de determinar la dispersión de la actividad de red para cada baldosa de la cuadrícula y cada célula comprende:

20 f1) Para cada baldosa de la cuadrícula y cada célula, calcular un factor de dispersión parcial para cada sub-polígono de dicha célula, como el área de intersección ponderada entre dicha baldosa de la cuadrícula y dicho sub-polígono, multiplicada por el factor de distancia de dicho sub-polígono y dividida entre la suma de todas las áreas de intersección ponderadas de dicho sub-polígono de dicha célula con cualquier baldosa

f2) Calcular la dispersión de la actividad de red, para cada combinación de baldosa de cuadrícula y célula, como la suma de los factores de dispersión parcial de todos los sub-polígonos de dicha célula que interseca a dicha baldosa.

25 La información de célula también puede incluir al menos uno entre los siguientes: un identificador de célula, el tipo de la célula, el tipo de antena, el tipo de tecnología usado por la red de comunicaciones celulares, el acimut y el ancho del haz.

El dispositivo electrónico puede ser instalado en un nodo de la red de comunicaciones celulares.

30 Los polígonos de cobertura pueden ser generados usando al menos parte de la información de célula obtenida en la etapa a)

Para generar los polígonos de cobertura de célula, pueden usarse polígonos de Voronoi o polígonos de sectores circulares, y dichos polígonos de cobertura pueden ser generados según el tipo de célula de la antena.

Dichos polígonos de cobertura pueden ser divididos en capas según los distintos tipos de tecnología usada en las células.

35 En una realización, si se considera, de acuerdo a la información de cobertura como función de la distancia, que la cobertura de una cierta célula es constante en toda la célula, independientemente de la distancia hasta la antena, solamente se define un sub-polígono para dicha célula, siendo dicho sub-polígono igual al polígono de cobertura de célula, y se asigna un factor de distancia de 1 a dicho sub-polígono.

40 La información de célula y la información de la cobertura de célula como función de la distancia desde la antena pueden ser obtenidas de nodos de la red celular, por ejemplo, siendo transmitidas al dispositivo electrónico por un nodo de la red de comunicaciones celulares.

Cada baldosa puede estar definida por su ubicación y el tamaño y forma de la baldosa.

45 En otro aspecto, se proporciona un dispositivo electrónico para asignar actividad de red de una red de comunicaciones celulares a áreas terrestres de una cierta área de interés, donde dicha área de interés está dividida en un conjunto de zonas adyacentes no intersecantes, llamadas baldosas, sirviendo dicha red de comunicaciones celulares a un grupo de células, estando cada una de ellas servida por al menos una antena, comprendiendo el dispositivo electrónico:

50 a) Medios para obtener, para cada célula del grupo de células, información de célula e información de la cobertura de la célula como función de la distancia desde la antena, donde dicha información de célula incluye información de ubicación de la antena que sirve a la célula

b) Medios para asignar a cada baldosa un factor de uso del terreno, siendo dicho factor de uso del terreno un

parámetro que indica la parte del área de la baldosa donde es posible tener actividad de red

c) Medios para definir, para cada célula del grupo de células, un polígono de cobertura de la célula

5 d) Medios para definir, para cada polígono de cobertura de la célula, uno o más sub-polígonos según la información de la cobertura de la célula como función de la distancia desde la antena, y asignar a cada sub-polígono un factor de distancia, siendo dicho factor de distancia un parámetro que indica la parte de la actividad de la célula que está asignada a cada sub-polígono.

e) Medios para calcular áreas de intersección entre cada baldosa y cada sub-polígono de célula, y ponderar cada área de intersección con el factor de uso del terreno de la correspondiente baldosa.

10 f) Medios para determinar, para cada baldosa y cada célula, una dispersión de la actividad de red de dicha célula en dicha baldosa, en base a las áreas de intersección ponderadas entre dicha baldosa y los sub-polígonos de dicha célula, y el factor de distancia asignado a cada sub-polígono de dicha célula.

15 Según otro aspecto de la invención, se proporciona un producto de programa de ordenador, que comprende instrucciones ejecutables por ordenador para realizar cualquiera de los procedimientos previamente divulgados, cuando el programa es ejecutado en un ordenador, y también se proporciona un medio de almacenamiento de datos digitales, que codifica un programa de instrucciones ejecutables por máquina para realizar cualquiera de los procedimientos divulgados.

En consecuencia, según la invención, se proporcionan un procedimiento, un dispositivo, un programa de ordenador y un medio de almacenamiento de datos, de acuerdo a las reivindicaciones independientes. Las realizaciones favorables están definidas en las reivindicaciones dependientes.

20 Estos y otros aspectos de la invención serán evidentes a partir de, y esclarecidos con referencia a, las realizaciones descritas a continuación en la presente memoria.

### DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

25 Para completar la descripción que se está realizando, y con el objeto de asistir a una mejor comprensión de las características de la invención, de acuerdo a un ejemplo preferido de las realizaciones prácticas de la misma, acompañando a dicha descripción como una parte integral de la misma, se incluye un conjunto de dibujos en los cuales, a modo de ilustración y no de manera restrictiva, ha sido representado lo siguiente:

Figura 1: Muestra una representación de los polígonos de células en una cierta área, usando polígonos de Voronoi y circulares.

30 Figura 2: Muestra esquemáticamente la división en sub-polígonos de un polígono de célula, en base a sectores circulares, según una realización de la invención.

Figura 3: Muestra esquemáticamente un conjunto de polígonos de cobertura de la célula y las baldosas de cuadrícula subyacentes, según una realización de la invención.

Figura 4: Muestra esquemáticamente en un diagrama de bloques la arquitectura global y de una realización de la invención.

### 35 DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

40 La presente invención puede ser realizada en otros dispositivos, sistemas y / o procedimientos específicos. Las realizaciones descritas han de ser consideradas, en todos los aspectos, como solamente ilustrativas y no restrictivas. En particular, el alcance de la invención está indicado por las reivindicaciones adjuntas, antes que por la descripción y las figuras en la presente memoria. Todos los cambios que queden dentro del significado y gama de equivalencia de las reivindicaciones han de ser abarcados dentro de su alcance.

En el presente texto, los términos “emplazamiento de célula”, “estación base” y “antena” van a ser usados de manera indistinta para referirse al mismo concepto, el transceptor de una ubicación fija que sirve a una célula.

La presente invención propone una técnica para obtener la actividad de célula de red de una red de comunicación celular de las baldosas de una cuadrícula que se extiende sobre un área geográfica.

45 Dicha red de comunicaciones celulares puede ser una red de comunicaciones móviles (como, por ejemplo, las redes de 2G, 3G, 4G, 5G, LTE...) o cualquier otro tipo de redes celulares (como, por ejemplo, las redes de WIFI).

50 El equipo de usuario puede incluir cualquier dispositivo capaz de transmitir y recibir datos (p. ej., voz, texto, imágenes y / o datos de multimedia) por la red de comunicaciones celulares. Por ejemplo, el equipo de usuario 110 puede ser un teléfono móvil, un teléfono inteligente, un bloc de notas electrónico, un asistente digital personal (PDA), una tableta, un portátil, un ordenador personal...

Como se explicará más detalladamente más adelante, en una realización, la manera de representar esta dispersión de actividad desde las células a las baldosas de cuadrícula es indicar (por ejemplo, en una tabla de consulta) qué parte de la actividad de cada célula de antena debería ir a cada baldosa de cuadrícula. Una célula aporta actividad a las baldosas de cuadrícula que intersecan espacialmente el polígono de cobertura asociado a esa célula.

- 5 Dado que se sabe que la cobertura dentro de un polígono de célula es no uniforme, porque depende de la distancia desde la antena, esta información puede ser usada para dividir el polígono de cobertura única en varias partes (sub-polígonos), que son construidas teniendo en cuenta la información de cobertura como función de la distancia.

La parte de actividad aportada desde una célula a una baldosa de cuadrícula depende del tamaño del área de intersección entre la célula del polígono y la baldosa de la cuadrícula, pero también de un factor de uso del terreno, calculado para cada baldosa de cuadrícula. La actividad total asignada a una baldosa de cuadrícula será la suma de la actividad de todas sus células aportantes. La tabla final de consulta resultante entre célula y cuadrícula será usada para propagar la actividad de red (o la actividad de red del usuario) desde el nivel de célula al nivel de cuadrícula. Por ejemplo, puede ser usada para representar actividad de huella, actividad de llamadas, actividad transitoria, actividad de mensajes, etc.

15 La técnica propuesta puede ser dividida en las siguientes etapas principales, que se describen más adelante:

- Obtener y preparar información de célula
- Obtener y preparar información de cuadrícula (incluyendo el factor de uso del terreno)
- Definir polígonos de cobertura de célula
- Optativamente, subdividir los polígonos de cobertura de célula en (sub)polígonos más pequeños, según la información de cobertura como función de la distancia desde la antena
- Calcular factores de dispersión parcial a partir de áreas de intersección ponderadas por uso del terreno, entre polígonos de cobertura de célula y baldosas de cuadrícula
- Obtener factores de dispersión final desde cada célula a cada baldosa de cuadrícula y, optativamente, crear la tabla de consulta entre célula y cuadrícula

25 Todas estas etapas pueden ser realizadas por un dispositivo electrónico. En una realización, dicho dispositivo electrónico tiene medios para realizar la etapa del procedimiento. En una realización, dicho dispositivo electrónico comprende un procesador que almacena instrucciones, realizando dicho procesador las etapas del procedimiento cuando ejecuta dichas instrucciones. Dicho dispositivo electrónico puede estar instalado en un nodo de la red de comunicaciones celulares. En una realización alternativa, el dispositivo electrónico que realiza las etapas del procedimiento puede estar instalado en un nodo externo. En ambos casos, el dispositivo electrónico debe obtener de algún modo la información de la red de comunicaciones celulares, necesaria para realizar el procedimiento. Esto debe hacerse, por ejemplo, estableciendo una comunicación entre el dispositivo electrónico y uno o más nodos de la red de comunicación celular, para solicitar y recibir dicha información necesaria.

35 En una realización, no todas las etapas son realizadas en el mismo dispositivo, sino que están implicados varios dispositivos (realizando cada uno una o más etapas e intercambiando información con el resto de los nodos implicados).

#### **Obtención y preparación de información de célula**

40 Al menos las ubicaciones de antena (y, normalmente, también el identificador de célula, `Id_de_célula`) deben ser conocidas para cada célula, pero también hay más información que podría ser necesaria (porque es usada para obtener más tarde el polígono de cobertura para cada célula de antena, como se explicará más tarde), por ejemplo: tipo de la célula o tipo de antena (omnidireccional, sectorizada, ...), tipo de tecnología (2G, 3G, ...), información referida al área de cobertura, como el acimut (ángulo relativo al Norte, que indica la dirección hacia la cual está irradiando la antena) y el ancho del haz (ancho del lóbulo de radiación orientado hacia el acimut)...

45 La información de célula se obtiene del operador de la red celular. Dicha información puede estar registrada en uno de los nodos de la red central, y puede ser transmitida (por ejemplo, por la red de comunicaciones, o mediante otra red de comunicaciones) al nodo a cargo de realizar esta etapa del procedimiento de la presente invención.

50 La información acerca de la ubicación de la antena (la ubicación de la sede celular o de la estación base) se expresa habitualmente en coordenadas de longitud y latitud referidas a un Sistema Geodésico Mundial (p. ej., WGS84 datum). Por supuesto, puede ser usada cualquiera otra manera conocida de expresar la ubicación de las estaciones base. En una realización, las coordenadas de ubicación son transformadas en coordenadas cartesianas planas (x e y, expresadas en metros) para permitir una aplicación más sencilla de los cálculos geométricos (distancias, intersecciones, áreas, ...).

- La información de la cobertura de la célula como función de la distancia desde la sede celular también puede ser recogida. Esta información puede ser expresada como un conjunto de umbrales de distancia desde la sede celular, junto con la parte de la actividad que se espera dentro de dos umbrales consecutivos de distancia para esa antena, según la cobertura entre dichos umbrales. Estas partes de la actividad de la célula esperada en cada sub-zona, según la cobertura en dicha sub-zona, se llaman factores de distancia. En otras palabras, dichos factores de distancia están definidos como la parte de la actividad de la célula que está asignada a distintas sub-zonas (sub-polígonos) celulares, según la cobertura de la célula como función de la distancia desde la sede celular de dichas sub-zonas. En una realización, además de la cobertura de la célula, pueden ser tomados en cuenta otros factores para asignar los factores de distancia.
- Dichos factores de distancia son obtenidos teniendo en cuenta la cobertura de antena en cada zona. Es decir, según la cobertura de célula en cada zona, una parte de la actividad (factor de distancia) es asignada a cada zona. Por ejemplo, si la mayoría de la cobertura está concentrada cerca de la antena, el factor de distancia será muy alto en la zona cercana a la antena y muy bajo en las zonas lejos de la antena. Por ejemplo, si la cobertura de la célula es muy alta en un radio de 550 metros alrededor de la antena, mucho más baja en un radio de entre 550 metros y 1.100 metros, y muy baja en un radio de más de 110 metros, los factores de distancia en dicha célula podrían ser:
- 90% de su actividad (factor de distancia 0,9) entre 0 y 550 metros
  - 7% de su actividad (factor de distancia 0,07) entre 550 metros y 1.100 metros
  - 3% de su actividad (factor de distancia 0,03) entre 1.100 metros y 1.650 metros (aquí se supone una distancia máxima de 1.650 metros para el área de cobertura)
- En el ejemplo anterior, se han usado factores de distancia con una base unitaria (la suma de todos los factores de distancia debe ser 1). Por supuesto, pueden usarse otros tipos de factores de distancia.
- No hay ninguna necesidad de que todas las células compartan el mismo conjunto de umbrales de distancia. Es decir, pueden ser usados distintos umbrales para cada célula.
- Los valores de los factores de distancia (porcentajes de actividad de la célula como función de la distancia) no siempre tienen que disminuir según aumenta la distancia. Las estaciones base pueden ser configuradas de manera que su cobertura pretendida sea máxima (máxima potencia recibida) a una cierta distancia de ellas, dejando el terreno más cercano a la estación base con un bajo factor de distancia (porcentaje de actividad), por lo que la actividad será más alta a dicha cierta distancia que a una distancia corta desde la estación base. Los obstáculos naturales o artificiales (montañas, valles, edificios, ...) también pueden afectar cómo se propaga la señal de radio y, por tanto, cómo varía la actividad de la estación base según la distancia.
- A fin de calcular dicha dependencia de la distancia, pueden seguirse muchos procedimientos distintos, conocidos de la técnica anterior. El proceso específico usado para estimar dicho factor de distancia no es un objeto de la presente invención.
- Esta dependencia de la distancia puede ser obtenida, por ejemplo, por medio de modelos matemáticos elaborados que tienen en cuenta factores tales como la propagación de señales, la interferencia desde antenas vecinas, la orografía, la distribución de edificios en cada célula, ...
- Esta dependencia de la distancia también puede ser obtenida en base a mediciones directas de la señal celular en distintas partes del área cubierta por la célula. También puede ser obtenida a partir de mediciones de la señal de radio intercambiada entre la estación base y los equipos de usuario conectados con la red, como el retardo temporal, las mediciones de energía recibidas, la SNR,...
- Esta dependencia de la distancia también puede ser obtenida asociando los informes de los distintos equipos de usuario (p. ej., terminales móviles) a la ubicación de dicho equipo de usuario en el área de cobertura de célula. Esta ubicación puede ser obtenida, por ejemplo, por el mismo terminal móvil (por ejemplo, con un GPS) e informada a la red por el terminal móvil.
- Una vez que la dependencia de la distancia está obtenida por cualquiera de los procedimientos disponibles, puede ser expresada como el conjunto de umbrales de distancia y los factores de distancia asociados, según lo explicado anteriormente.
- Dichos factores de distancia serán usados en otra etapa para subdividir el polígono de célula en sub-polígonos más pequeños, según se explicará más adelante.
- En caso de que la cobertura sea considerada como igual en toda el área de cobertura (por ejemplo, porque no hay ninguna información de cobertura como función de la distancia), dicho factor de distancia no está disponible. En una realización, en este caso se asigna un factor de distancia de 1 a toda el área de cobertura de la célula (lo que significa que la cobertura asociada a la célula no varía según la distancia desde la antena).

**Obtención y preparación de información de cuadrícula**

Habitualmente, se usa una cuadrícula para dividir un área amplia donde ha de realizarse un cierto análisis (llamada área de interés) en un conjunto de zonas adyacentes no intersecantes, llamadas baldosas.

5 El área total cubierta por la cuadrícula (el área de interés) puede ser tan amplia como el área entera cubierta por la red de comunicaciones celulares (p. ej., un país entero), pero, con fines de simplificación, pueden ser usadas áreas más pequeñas (como, por ejemplo, una ciudad, una provincia o, en términos generales, cualquier zona determinada del área de cobertura donde, por cualquier motivo, ha de realizarse un análisis).

10 Puede haber zonas dentro del área total de interés que no estén cubiertas por ninguna baldosa de la cuadrícula, si se sabe que la red celular no cubre esas zonas (es decir, la cuadrícula puede tener "agujeros"). Pero, en general, la cuadrícula es un conjunto continuo de baldosas adyacentes que puede ser visto como una división de un área amplia en partes no solapadas.

15 Es común que la forma y el tamaño de las baldosas sean los mismos sobre el área amplia. También es común que las baldosas sean polígonos regulares simples que pueden ser reunidos para cubrir totalmente el plano (triángulos, cuadrados, hexágonos, ...). La presente invención no está limitada a un cierto tipo de baldosas, puede usar baldosas arbitrarias de cuadrícula y sus formas y tamaños pueden variar sobre el área amplia cubierta.

20 Las baldosas de la cuadrícula reciben un identificador (Id\_baldosa) y están representadas por polígonos determinados por las coordenadas planas de sus vértices (normalmente, usando el mismo sistema de referencia que el usado para las ubicaciones de antenas, para hacer más fáciles y rápidos los cálculos). En otras palabras, puede decirse que cada baldosa está definida (caracterizada) por su ubicación y su información geométrica (por ejemplo, tamaño y forma), dicha ubicación e información geométrica pueden estar dadas por las coordenadas planas de sus vértices, de modo que las coordenadas planas de los vértices de la baldosa definan cada baldosa.

25 A los fines de la presente invención, el tamaño de las baldosas de cuadrícula es pequeño, normalmente bastante más pequeño que el de los polígonos de cobertura de la célula. La cuadrícula se diseña usando mapas del país (con información acerca de la ubicación de ciudades, lagos, ríos, orografía, ...) y con información adicional tal como, por ejemplo, la densidad de las antenas, la densidad de la población, ... A fin de representar mejor la actividad de red, la cuadrícula puede ser más densa (con baldosas más pequeñas) en lugares con alta densidad de antenas, o alta población, y menos densa (con baldosas más grandes) en lugares con baja densidad de antenas, o baja población.

30 Un factor de uso del terreno es asignado a cada baldosa de cuadrícula, como un atributo. El factor de uso del terreno es un parámetro que expresa la parte del área de la baldosa donde es posible tener actividad de red, según las características del área (p. ej., características geográficas u orográficas, tipo de construcciones en el área, ...). Por tanto, el factor de uso del terreno es una especie de medición o estimación de la actividad "potencial" de red en cada área de la baldosa, según las características del área.

35 En una realización, es un valor entre 0 y 1. Cuando no puede haber actividad de red en la mayoría del área de baldosas (es decir, es previsible que no habrá casi ninguna actividad de red en la mayoría del área de baldosas porque, por ejemplo, la baldosa cubre un lago, el terreno alrededor de un caminito distante de toda ciudad o pueblo, o cualquier zona donde ha de esperarse poca actividad de red), el valor de este factor asociado a dicha baldosa es muy bajo (cercano al cero). Cuando puede haber actividad de red en prácticamente toda el área de baldosas (es decir, es previsible que la actividad de red en la mayoría del área de baldosas puede ser alta porque, por ejemplo, la baldosa cubre una parte central de una gran ciudad, un centro comercial o cualquier otra zona donde ha de esperarse alta actividad de red), el valor de este factor asociado a dicha baldosa es muy alto (p. ej., cercano al uno si se usa una base unitaria para el factor de uso del terreno).

45 El factor de uso del terreno permite la comparación entre baldosas de cuadrícula, dando una indicación de cuán probable es hallar actividad en una baldosa, en comparación con otras baldosas vecinas con la misma área. La multiplicación del área de la baldosa por su factor de uso del terreno produce un "área efectiva", es decir, el área capaz de recibir actividad de red en esa baldosa.

50 A fin de calcular el factor de uso del terreno para una baldosa, el área cubierta por la baldosa podría ser dividida en partes con distintos "usos". Por ejemplo, estos usos pueden ser "agua", "edificios", "caminos", "terreno", ... O incluso puede ser más específico, por ejemplo, distinguiendo entre distintas clases de edificios (centros comerciales, edificios de oficinas, casas, fábricas, ...). Luego se obtiene el área capaz de recibir actividad, ponderando las distintas partes según su uso (es mucho más probable tener más actividad en "edificios" que en "agua", o más en un centro comercial que en fábricas), sumando esas partes ponderadas y dividiendo entre el área total para obtener el factor de uso del terreno, entre 0 y 1.

Esta es solamente una manera de calcular dicho factor de uso del terreno. Podrían usarse otras maneras de calcular la parte del área de baldosas donde es posible tener actividad de red (es decir, el factor de uso del terreno).

55



**Definición (generación) de polígonos de cobertura de la célula**

5 Como se ha explicado anteriormente, se supone que cada célula da cobertura a una cierta área, que puede estar representada por un polígono de cobertura asociado a esa célula. Los polígonos de cobertura de célula (también llamados polígonos de células) se calculan a partir de la información obtenida para las células (por ejemplo, a partir de la información obtenida en la primera etapa del procedimiento). Pueden ser usados muchos procedimientos distintos, conocidos de la técnica anterior, para obtener (definir) los polígonos de células. La selección de uno de estos procedimientos dependerá de los recursos disponibles y de la información adicional disponible.

10 En una realización, los polígonos de células están representados (definidos) por las coordenadas planas de sus vértices, independientemente del procedimiento específico usado para obtener esos polígonos. Si el sistema de referencia usado para las coordenadas planas es el mismo que el usado para todos los datos geométricos (ubicación de antenas, coordenadas de vértices de baldosas, ...), los cálculos se simplifican y aceleran, y se evitan errores.

El proceso específico usado para obtener dichos polígonos de células no es un objeto de esta invención.

Como ejemplo, se presentan algunas alternativas para generar (definir) los polígonos de células.

15 • Polígonos de Voronoi. Dado un conjunto de puntos de referencia (en el caso actual, las ubicaciones de antenas), los polígonos de Voronoi son aquellos cuyo interior consiste en todos los puntos en el plano que están más cerca de un punto específico de referencia que de cualquier otro. Así, cada polígono de Voronoi está asociado a cada célula de antena, y la cobertura resultante supone que la actividad de red está siempre gestionada por la célula más cercana.

20 El mosaico creado para obtener los polígonos de Voronoi ha de ser aplicado independientemente para las distintas tecnologías en la red celular. Es decir, por ejemplo, las antenas de 2G y de 3G son vistas, de hecho, como redes (capas) "independientes". Cada una trata de dar cobertura a un área completa, y cada una produce su propio conjunto de polígonos de Voronoi para esa área.

25 Los polígonos de Voronoi resultantes están, por definición, no solapados entre ellos en la misma capa. Pero los polígonos de distintas capas (tecnologías) pueden solaparse.

En caso de que un polígono de Voronoi resultante se expanda más allá del límite de la máxima distancia que puede alcanzar la señal de radio desde esa antena, es recortado por un polígono circular con un radio igual a esa distancia máxima.

30 En el caso de antenas sectorizadas, hay varias de ellas cuyas coordenadas pueden ser las mismas (están situadas en el mismo mástil). Como los algoritmos de Voronoi no pueden gestionar varios puntos en el mismo lugar, las antenas sectorizadas pueden ser procesadas desplazándolas en una distancia pequeña (por ejemplo, 1 metro) en su respectiva dirección acimutal (que será distinta para cada sector en el mismo mástil), antes de aplicar el algoritmo de Voronoi. Otra alternativa es dejar solamente un punto en el mástil de antena sectorizada, aplicar Voronoi y dividir el polígono resultante en sectores según las direcciones acimutales.

35 Los polígonos de Voronoi son complementados por polígonos "independientes" adicionales, correspondientes a células que están específicamente designadas para dar cobertura independiente a un área usualmente pequeña. Este es el caso de "micro", "pico" o "femto" células, cuyos polígonos de cobertura están habitualmente modelados como pseudo-círculos (polígonos regulares con un alto número de vértices). Estos polígonos pueden solaparse entre sí, y con los polígonos de Voronoi, en distintas capas. La Figura 1 ilustra cómo se ven los polígonos de Voronoi y los circulares para una cierta área.

40 • Polígonos prototípicos (sectores circulares). Este procedimiento funciona en cada antena independientemente, y produce un polígono prototípico cuyo tamaño y forma dependen de varios parámetros de antena. El polígono prototípico se obtiene normalmente de un sector circular, pero pueden usarse otros (por ejemplo, lemniscatas, cardioides, ...).

45 Los polígonos prototípicos pueden solaparse entre sí incluso si pertenecen a la misma capa, en lugar de hacer una división exclusiva no solapada del plano (esto es lo que hace el algoritmo de Voronoi). Esta característica refleja mejor la manera en que las células de antenas se comportan en realidad.

Los parámetros usados para los sectores circulares son:

50 ○ Radio. Da la distancia desde la antena al punto más alejado cuya actividad puede ser servida por esa antena. Esta información puede estar disponible directamente, o bien puede ser obtenida de otros datos (potencia y frecuencia de antena, datos de antenas vecinas, modelos de atenuación de señales, ...). También puede ser estimado, por ejemplo, creando un mosaico de Voronoi, hallando el punto más alejado en el polígono en el acimut de la antena (más el ancho de haz) y multiplicando por un factor.

- Acimut. Dirección hacia la cual se orienta la antena.
- Ancho de haz. Ancho del lóbulo principal de la antena.
- Radio de retro-propagación. Aunque las antenas sectorizadas están diseñadas para cubrir el área alrededor de su dirección acimutal (lóbulo principal), también hay lóbulos secundarios que cubren áreas cerca de la antena en otras direcciones. El radio de retro-propagación es usado para añadir un área de cobertura circular alrededor de la antena, que está combinada (por una unión de polígonos) con el sector circular.

**Subdivisión de polígonos de cobertura de la célula en (sub)polígonos según la información de cobertura, como función de la distancia desde la antena**

Una vez que han sido obtenidos los polígonos de cobertura de la célula, los sub-polígonos son generados dividiendo cada polígono de cobertura de la célula en trozos, según la información de cobertura como función de la distancia. A cada trozo (sub-polígono) resultante se asignará una parte de la actividad de la célula, determinada por el factor de distancia obtenido para cada intervalo de distancia, según lo descrito anteriormente. En otras palabras, se asigna a cada sub-polígono un cierto valor único del factor de distancia, calculado a partir de la información de cobertura como función de la distancia.

En una realización, cada sub-polígono es generado (definido) por la intersección del polígono de cobertura de célula total con un anillo circular con radio interior y radio exterior iguales a los límites de umbral de su intervalo de distancias.

Como ejemplo, la Figura 2 ilustra cómo se subdivide un polígono de célula en base a un sector circular. Como ejemplo, el sub-polígono que está destacado en la figura tiene un factor de distancia de 0,08 (8% de la actividad de la célula está asignada a este sub-polígono), y esta parte de la actividad está localizada entre los 8.800 y los 13.200 metros.

Aunque el ejemplo anterior muestra cómo se subdivide un polígono prototípico en base a un sector circular, esto puede hacerse para cualquier otra clase de polígonos de cobertura (obtenidos por medio de un algoritmo de Voronoi, o cualquier otro procedimiento).

En una realización, los sub-polígonos de células están representados (definidos) por las coordenadas planas de sus vértices, independientemente del procedimiento específico usado para obtener esos polígonos. Si el sistema de referencia usado para las coordenadas planas es el mismo que el usado para todos los datos geométricos (polígonos, ubicación de antenas, coordenadas de vértices de baldosas, ...), los cálculos se simplifican y se aceleran, y se evitan errores.

En el caso de que no haya ninguna información de cobertura como función de la distancia, o de que se considere que la cobertura es constante en toda la célula de cobertura, independientemente de la distancia a la antena, el polígono de cobertura de célula no es subdividido (o, en otras palabras, solamente un sub-polígono es generado para dicho polígono de célula, y dicho sub-polígono es igual al polígono de célula) y, en una realización, se le asigna un factor de distancia de 1 (toda la actividad de la célula tiene lugar en el único polígono).

**Calculo de factores de dispersión parcial a partir de áreas de intersección, ponderadas con el uso del terreno, entre polígonos de cobertura de la célula y baldosas de cuadrícula**

Una vez que han sido determinados todos los polígonos de cobertura de célula, esta etapa calcula las áreas de la intersección de cada polígono con las baldosas de la cuadrícula. El término "polígonos" puede referirse a los polígonos de cobertura de célula total (cuando no se usa ninguna información de cobertura dependiente de la distancia desde la antena, es decir, no ha sido generado ningún sub-polígono según la etapa anterior) o a sub-polígonos (cuando la información de distancia se usa para subdividirlos, según lo descrito en la etapa anterior).

La parte de la actividad de una célula que es asignada a una baldosa específica de la cuadrícula se hace proporcional al área de su intersección. Ese es el motivo por el que se calculan las intersecciones entre polígonos de células y baldosas de cuadrícula.

La Figura 3 muestra un conjunto de polígonos de cobertura de célula y las baldosas subyacentes de la cuadrícula. En este ejemplo, los polígonos de cobertura son polígonos de Voronoi y polígonos circulares, y las baldosas de la cuadrícula son cuadrados de tamaño variable, aunque puede ser usada cualquier otra clase de polígonos de células y de baldosas. En esta figura se muestran polígonos solapados provenientes de distintas capas (tecnologías). Esta figura ilustra las intersecciones entre polígonos de cobertura y baldosas de cuadrícula.

Como el propósito final es dispersar la actividad según los distintos tipos de uso del terreno, en una realización, las áreas intersecantes son multiplicadas por el factor de uso del terreno de cada correspondiente cuadrícula intersecante, por lo que se obtienen las áreas intersecantes "efectivas".

Toda la actividad de un polígono de célula dado ha de ser dispersada, por lo que la parte de su actividad dispersada hacia una baldosa específica de la cuadrícula, en una realización, se toma como el área intersecante efectiva entre

el polígono de célula y la baldosa de la cuadrícula, dividida entre la suma de todas las áreas intersecantes efectivas del polígono de célula con cualquier baldosa de la cuadrícula.

A fin de mostrar cómo se calcula dicha dispersión parcial según una realización de la presente invención, van a ser considerados dos escenarios:

- 5 1) El polígono de célula no ha sido subdividido en sub-polígonos más pequeños.

En este caso, veamos un ejemplo sencillo donde hay un polígono de célula específico,  $C_i$  que se interseca con  $N$  baldosas de cuadrícula,  $T_j$ , donde  $j = 1, 2 \dots N$ .

Sus áreas intersecantes son:  $A_{i,j}$

- 10 Si los factores de uso del terreno para cada baldosa  $j$  están dados por  $LUF_j$ , las áreas intersecantes efectivas EA son:

$$EA_{i,j} = A_{i,j} \cdot LUF_j$$

Y el factor de dispersión parcial de  $C_i$  a  $T_j$  es:

$$pdisp_{i,j} = \frac{EA_{i,j}}{\sum_{j=1}^N EA_{i,j}}$$

La suma de todos los factores de dispersión parcial para un polígono de célula dado será igual a 1, es decir:  $\sum_{j=1}^N pdisp_{i,j} = 1$

- 15 2) El polígono de célula ha sido subdividido en sub-polígonos más pequeños.

Consideremos los  $M$  sub-polígonos asociados a la célula  $i$ ,  $C_{ik}$ , donde  $k = 1, 2 \dots M$ , cuyos factores de distancia asociados son  $dist_{ik}$ . El factor de distancia indica la parte de la actividad de la célula  $i$  asignada al sub-polígono  $C_{ik}$  (según la cobertura como función de la distancia desde la antena). La suma de todos los factores de distancia para una célula dada es 1:

$$\sum_{k=1}^M dist_{ik} = 1.$$

- 20 En este caso, de manera similar a lo explicado en el escenario anterior, serán consideradas las intersecciones entre un sub-polígono  $C_{ik}$  (es decir, el sub-polígono  $k$  de la célula  $i$ ) y las baldosas de la cuadrícula. Por ejemplo, supongamos un ejemplo sencillo donde tenemos un sub-polígono de célula específico,  $C_{ik}$ , que interseca a  $N$  baldosas de cuadrícula,  $T_j$ , donde  $j = 1, 2 \dots N$ . Sus áreas de intersección son:  $A_{ik,j}$  (esta área puede ser expresada usando cualquiera de las mediciones de área conocidas, por ejemplo, metros cuadrados, kilómetros cuadrados, ...).

- 25 Si los factores de uso del terreno para cada baldosa  $j$  están dados por  $LUF_j$ , las áreas de intersección efectiva EA son:

$$EA_{ik,j} = A_{ik,j} \cdot LUF_j$$

En este caso, el factor de dispersión parcial desde el sub-polígono  $C_{ik}$  a  $T_j$  incluirá el factor de distancia del sub-polígono  $C_{ik}$ :

$$pdisp_{ik,j} = dist_{ik} \cdot \frac{EA_{ik,j}}{\sum_{j=1}^N EA_{ik,j}}$$

- 30 Estos factores de dispersión parcial tienen en cuenta tanto la información de cobertura, como función de la distancia a la antena (la sede celular), como la información de uso del terreno.

**Obtención de factores de dispersión final desde cada célula a cada baldosa de cuadrícula, y creación de la tabla de consulta entre célula y cuadrícula**

- 35 Como se ha comentado anteriormente, un polígono de célula, de hecho, puede ser dividido en sub-polígonos de células, obtenidos dividiendo el polígono de célula total, según la información de cobertura como función de la distancia.

Más de un sub-polígono de la misma célula  $C_i$  puede dispersar actividad a la misma baldosa  $T_j$  de cuadrícula (es decir, más de uno de los mismos sub-polígonos de células intersecan con la misma baldosa de cuadrícula). Por lo

que estos aportes se suman para obtener el factor de dispersión final desde la célula  $C_i$  a la baldosa  $T_j$ . Si hay  $L$  sub-polígonos de  $C_i$  que dispersan actividad a la misma baldosa  $T_j$  de cuadrícula:

$$disp_{i,j} = \sum_{k=1}^L pdisp_{ik,j}$$

5 En los casos donde el polígono de célula no ha sido dividido en sub-polígonos, habrá solamente un polígono en cada célula, por lo que solamente un polígono de cada célula intersecará la misma baldosa de cuadrícula ( $L=1$ ), por lo que la dispersión final será igual a la dispersión parcial.

En una realización, se crea una tabla de consulta entre célula y cuadrícula. Esta tabla de consulta contiene todas las combinaciones de Identificadores de célula y de Identificadores de cuadrícula que tienen una intersección, junto con el factor de dispersión final calculado como se ha descrito anteriormente. Por lo que el formato es:

Identificador de célula ( $C_i$ ), Identificador de cuadrícula ( $T_j$ ), factor de dispersión ( $disp_{i,j}$ )

10 A fin de obtener la actividad  $Tact_j$  de una baldosa específica  $T_j$  de cuadrícula, todas las células que aportan actividad a esa baldosa de cuadrícula se hallan en la tabla de consulta. Las células que aportan actividad a una cierta baldosa serán las células cuyo polígono (o cualquiera de sus sub-polígonos, si el polígono de célula está dividido en sub-polígonos) interseca a dicha cierta baldosa. Supongamos que se hallan  $P$  células aportantes.  
15 Entonces, la actividad  $Cact_i$  de red para una célula  $C_i$  se multiplica por su factor de dispersión asociado, y se suman los resultados.

$$Tact_j = \sum_{i=1}^P (Cact_i \cdot disp_{i,j})$$

Como se ha expresado antes, esta actividad de red depende de muchos parámetros distintos y puede, por lo tanto, ser medida y expresada directamente o indirectamente de muchas maneras distintas, por ejemplo, la carga de tráfico y / o el número de llamadas y / o el ancho de banda ocupado y / o el número de mensajes SMS o el número de usuarios que usan un cierto servicio de comunicaciones...

20 La presente invención permite asignar actividad de red a áreas terrestres, teniendo en cuenta las características físicas del terreno y la cobertura de la célula como función de la distancia a la antena, permitiendo por tanto un eficaz diseño de red y la optimización de la gestión. Las fórmulas matemáticas expresadas en los párrafos anteriores han sido presentadas solamente como un posible ejemplo del cálculo de los factores de dispersión y de la actividad de red asignada a cada baldosa de cuadrícula, teniendo en cuenta el factor de uso del terreno de cada baldosa de  
25 cuadrícula, y la información de la cobertura como función de la distancia, pero la presente invención no está limitada el uso de dichas fórmulas.

Una persona experta en la técnica reconocerá inmediatamente que dichos factores de dispersión pueden ser calculados de muchas maneras distintas (usando distintas fórmulas matemáticas), también abarcadas por la presente invención.

30 Una vez que han sido descritas las etapas, la arquitectura global, según una realización de la presente invención, se resume en la Figura 4.

Primero se obtiene la información de célula (incluyendo las ubicaciones de antenas y otras características). Optativamente, también se obtiene información acerca de la cobertura como función de la distancia. Dicha información es obtenida (habitualmente del operador de la red) y preparada para su uso para generar los polígonos  
35 de cobertura de la célula, y para generar los sub-polígonos (si los hubiera).

Se obtiene información geográfica (como fronteras, costas, ríos, ...) y la información de uso del terreno. Dicha información puede ser obtenida a partir de la geografía y cartografía del área de interés.

Dicha información (junto con otra información, tal como la información acerca de las ubicaciones de antenas) es usada para preparar la información de cuadrícula.

40 A partir de la información de cuadrícula y de los polígonos de células obtenidos, se obtienen las áreas de intersección y, a partir de allí, según lo divulgado en los párrafos anteriores, se obtienen los factores de dispersión parcial.

Luego, teniendo en cuenta los sub-polígonos de la misma célula, que interseca la misma baldosa de cuadrícula, se obtiene la dispersión final para cada célula y baldosa, y puede construirse una tabla de consulta que incluye el factor  
45 de dispersión final para cada célula y baldosa.

Para resumir, la presente invención permite representar la actividad de una red celular en un conjunto de baldosas

5 en una cuadrícula que cubre una cierta área terrestre, en lugar de representarla asociada a células de antenas que podrían o no solaparse. La actividad dispersada y asignada a baldosas de cuadrícula no solapadas es mucho más sencilla y más clara para entender, y permite visualizar cómo está distribuida la actividad de red en el espacio, y cómo varía a lo largo del tiempo. Algunas propuestas de la técnica anterior resuelven el problema del solapamiento suponiendo que las células en sí mismas no se solapan, dividiendo el espacio con procedimientos como el mosaico de Voronoi. La presente propuesta es más general, ya que puede funcionar tanto con esa clase de mapas de cobertura, como con los más realistas, con células de cobertura solapada.

10 La manera en que varía la cobertura dentro de un polígono de la célula, según la distancia desde la antena (cobertura como función de la distancia), permite obtener mejores resultados al dispersar la actividad de la célula a las baldosas de cuadrícula, mejorando esos resultados con respecto a la simplificación que considera la distribución uniforme de la actividad dentro del polígono de cobertura. El factor de uso del terreno permite asignar la actividad a las baldosas de cuadrícula, según las características de uso del terreno. La actividad dispersada por uso del terreno es asignada, preferiblemente, a baldosas de cuadrícula con un mayor factor de uso del terreno, mientras que las baldosas de cuadrícula con un menor factor de uso del terreno recibirán menores valores de actividad.

15 Incluso aunque muchas de las realizaciones presentadas se refieren a redes de comunicaciones celulares, la presente invención no está limitada a una red de comunicaciones celulares, sino que puede ser aplicada a otras redes de comunicaciones.

20 Una persona experta en la técnica reconocerá inmediatamente que las etapas de diversos procedimientos descritos anteriormente pueden ser realizadas por ordenadores programados. En la presente memoria, algunas realizaciones también están concebidas para abarcar dispositivos de almacenamiento de programas, p. ej., medios de almacenamiento de datos digitales, que son legibles por máquina o por ordenador, y que codifican programas de instrucciones ejecutables por máquina, o ejecutables por ordenador, en donde dichas instrucciones realizan algunas de, o todas, las etapas de dichos procedimientos descritos anteriormente. Los dispositivos de almacenamiento de programas pueden ser, p. ej., memorias digitales, medios de almacenamiento magnético tales como discos magnéticos y cintas magnéticas, controladores de discos rígidos o medios de almacenamiento de datos digitales ópticamente legibles. Las realizaciones también están concebidas para abarcar ordenadores programados para realizar dichas etapas de los procedimientos anteriormente descritos.

La descripción y los dibujos ilustran meramente los principios de la invención.

30 Aunque la presente invención ha sido descrita con referencia a realizaciones específicas, los expertos en la técnica deberán entender que los precedentes, y diversos otros, cambios, omisiones y adiciones, en la forma y el detalle de las mismas, pueden ser hechos en las mismas sin apartarse del alcance de la invención, según lo definido por las siguientes reivindicaciones.

35 Además, todos los ejemplos enumerados en la presente memoria están principalmente concebidos expresamente para que tengan solamente fines pedagógicos, para asistir al lector en la comprensión de los principios de la invención y de los conceptos aportados por el inventor, o los inventores, para promover la técnica, y han de ser interpretados como sin limitación para tales ejemplos y condiciones específicamente enumerados. Además, todas las afirmaciones en la presente memoria que enumeran principios, aspectos y realizaciones de la invención, así como los ejemplos específicos de la misma, están concebidas para abarcar los equivalentes de las mismas.

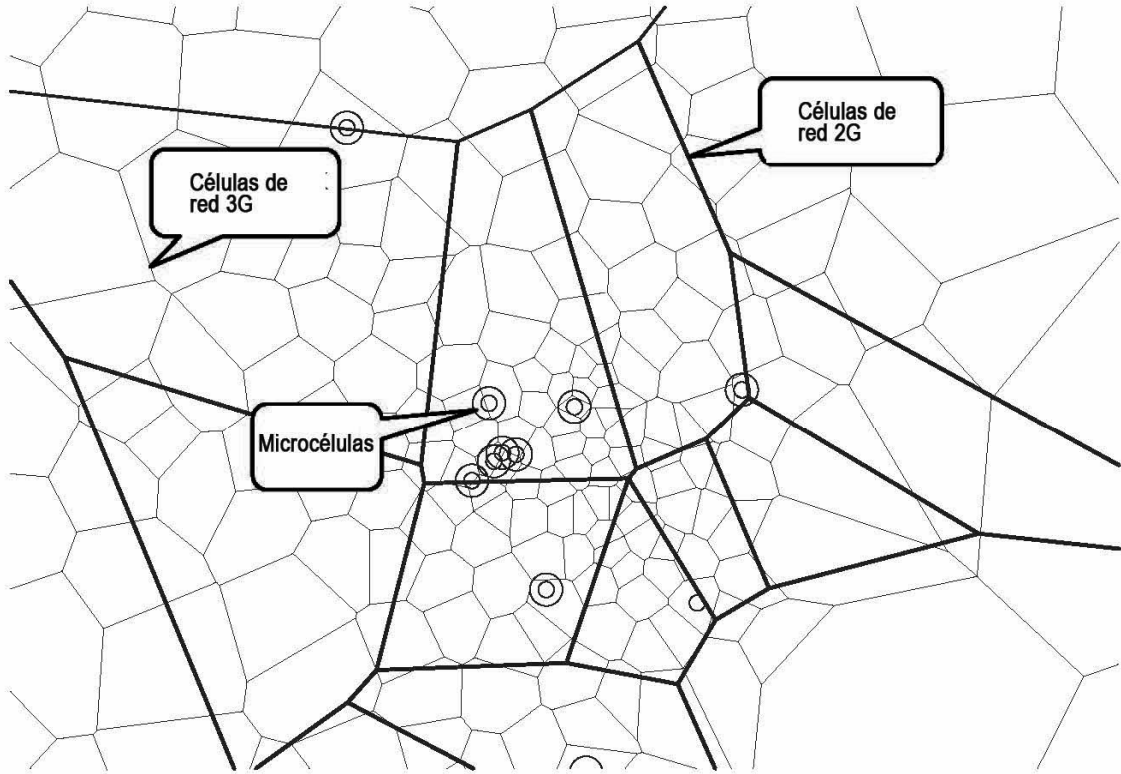
40 Los expertos en la técnica deberán apreciar que cualquier diagrama de bloques en la presente memoria representa vistas conceptuales de circuitos ilustrativos que implementan los principios de la invención. De manera similar, se apreciará que todos los gráficos de flujo, diagramas de flujo, diagramas de transición de estados, pseudo-códigos y similares representan diversos procesos que pueden ser esencialmente representados en un medio legible por ordenador, y así ejecutados por un ordenador o procesador, ya sea que se muestre explícitamente o no un tal ordenador o procesador.

**REIVINDICACIONES**

1. Un procedimiento para asignar actividad de red de una red de comunicaciones celulares a áreas terrestres de una cierta área de interés, sirviendo dicha red de comunicaciones celulares a un grupo de células, servida cada una de ellas por al menos una antena, comprendiendo el procedimiento las siguientes etapas realizadas por un dispositivo electrónico:
- 5 a) Para cada célula del grupo de células, obtener información de célula e información de la cobertura de la célula, como función de la distancia desde la antena, donde dicha información de célula incluye información de ubicación de la antena que sirve a la célula
- 10 b) Dividir dicha área de interés en un conjunto de zonas adyacentes, no intersecantes, llamadas baldosas, y asignar a cada baldosa un factor de uso del terreno, siendo dicho factor de uso del terreno un parámetro que indica la parte del área de la baldosa donde es posible tener actividad de red
- c) Para cada célula del grupo de células, definir un polígono de cobertura de la célula
- 15 d) Para cada polígono de cobertura de la célula, definir uno o más sub-polígonos, según la información de la cobertura de la célula como función de la distancia desde la antena, y asignar a cada sub-polígono un factor de distancia, siendo dicho factor de distancia un parámetro que indica la parte de la actividad de la célula que está asignada a cada sub-polígono
- e) Calcular áreas de intersección entre cada baldosa y cada sub-polígono de célula, y ponderar cada área de intersección con el factor de uso del terreno de la baldosa correspondiente.
- 20 f) Para cada baldosa y cada célula, determinar una dispersión de la actividad de red de dicha célula en dicha baldosa, en base a las áreas de intersección ponderadas entre dicha baldosa y los sub-polígonos de dicha célula, y el factor de distancia asignado a cada sub-polígono de dicha célula.
2. Un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende adicionalmente crear una tabla que contiene, para todas las combinaciones de células y baldosas que tengan una intersección, el valor de dispersión para dicha célula y dicha baldosa.
- 25 3. Un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende adicionalmente: obtener la actividad de red de una baldosa específica, aplicar, para cada célula donde cualquiera de sus sub-polígonos tenga una intersección con la baldosa, el valor de dispersión para dicha baldosa y para dicha célula, a la actividad de red de dicha célula, y sumar los resultados obtenidos para todas las células donde cualquiera de sus sub-polígonos tenga una intersección con la baldosa.
- 30 4. Un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la etapa de determinación de la dispersión de la actividad de red para cada baldosa y cada célula comprende:
- f1) Para cada baldosa y cada célula, calcular un factor de dispersión parcial para cada sub-polígono de dicha célula, como el área de intersección ponderada entre dicha baldosa y dicho sub-polígono, multiplicada por el factor de distancia de dicho sub-polígono, y dividida entre la suma de todas las áreas de intersección ponderadas de dicho sub-polígono de dicha célula con cualquier baldosa
- 35 f2) Calcular la dispersión de la actividad de red para cada combinación de baldosa y célula, como la suma de los factores de dispersión parcial de todos los sub-polígonos de dicha célula que interseca a dicha baldosa.
5. Un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la información de célula también incluye al menos uno de los siguientes: un identificador de célula, el tipo de la célula, el tipo de antena, el tipo de tecnología usada por la red de comunicaciones celulares, el acimut y el ancho del haz.
- 40 6. Un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el dispositivo electrónico está instalado en un nodo de la red de comunicaciones celulares.
7. Un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que los polígonos de cobertura son generados usando al menos parte de la información de célula obtenida en la etapa a)
- 45 8. Un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que, en la etapa de definición de los polígonos de cobertura de célula, se usan polígonos de Voronoi o se usan polígonos de sectores circulares.
9. Un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dichos polígonos de cobertura son generados según el tipo de célula de la antena.
- 50 10. Un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dichos polígonos de cobertura

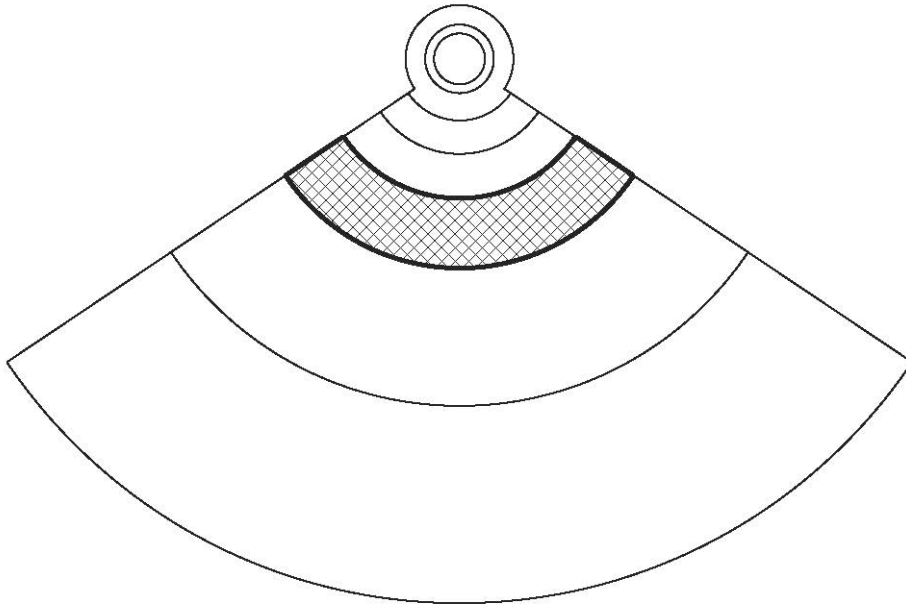
están divididos en capas según los distintos tipos de tecnología usada en las células.

- 5 11. Un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que, si se considera, según la información de cobertura como función de la distancia, que la cobertura de una cierta célula es constante en toda la célula, independientemente de la distancia a la antena, solamente se define un sub-polígono para dicha célula, siendo dicho sub-polígono igual al polígono de cobertura de célula, y se asigna un factor de distancia de 1 a dicho sub-polígono.
12. Un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la información de célula y la información de la cobertura de célula, como función de la distancia desde la antena, son transmitidas al dispositivo electrónico por un nodo de la red de comunicaciones celulares.
- 10 13. Un dispositivo electrónico para asignar actividad de red de una red de comunicaciones celulares a áreas terrestres de una cierta área de interés, donde dicha área de interés está dividida en un conjunto de zonas adyacentes no intersecantes, llamadas baldosas, sirviendo dicha red de comunicaciones celulares a un grupo de células, estando servida cada una de ellas por al menos una antena, comprendiendo el dispositivo electrónico:
- 15 - Medios para obtener, para cada célula del grupo de células, información de célula e información de la cobertura de la célula como función de la distancia desde la antena, donde dicha información de célula incluye información de ubicación de la antena que sirve a la célula
- Medios para asignar a cada baldosa un factor de uso del terreno, siendo dicho factor de uso del terreno un parámetro que indica la parte del área de la baldosa donde es posible tener actividad de red
- Medios para definir, para cada célula del grupo de células, un polígono de cobertura de la célula
- 20 - Medios para definir, para cada polígono de cobertura de la célula, uno o más sub-polígonos, según la información de la cobertura de la célula como función de la distancia desde la antena, y asignar a cada sub-polígono un factor de distancia, siendo dicho factor de distancia un parámetro que indica la parte de la actividad de la célula que es asignada a cada sub-polígono
- 25 - Medios para calcular áreas de intersección entre cada baldosa y cada sub-polígono de célula, y para ponderar cada área de intersección con el factor de uso del terreno de la correspondiente baldosa.
- Medios para determinar, para cada baldosa y cada célula, una dispersión de la actividad de red de dicha célula en dicha baldosa, en base a las áreas de intersección ponderadas, entre dicha baldosa y los sub-polígonos de dicha célula, y al factor de distancia asignado a cada sub-polígono de dicha célula
- 30 14. Un producto de programa de ordenador que comprende instrucciones ejecutables por ordenador para realizar el procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, cuando el programa es ejecutado en un ordenador.
15. Un medio de almacenamiento de datos digitales que codifica un programa de instrucciones ejecutable por máquina, para realizar un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12.

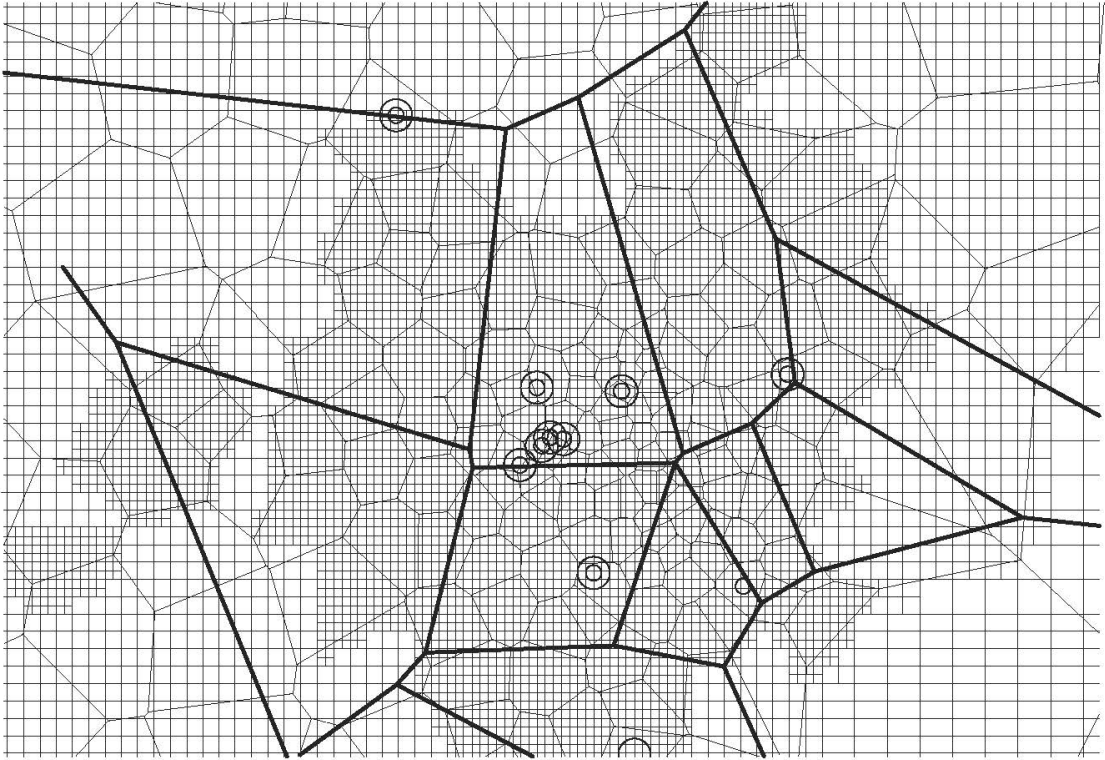


**FIG. 1**





**FIG. 2**



**FIG. 3**

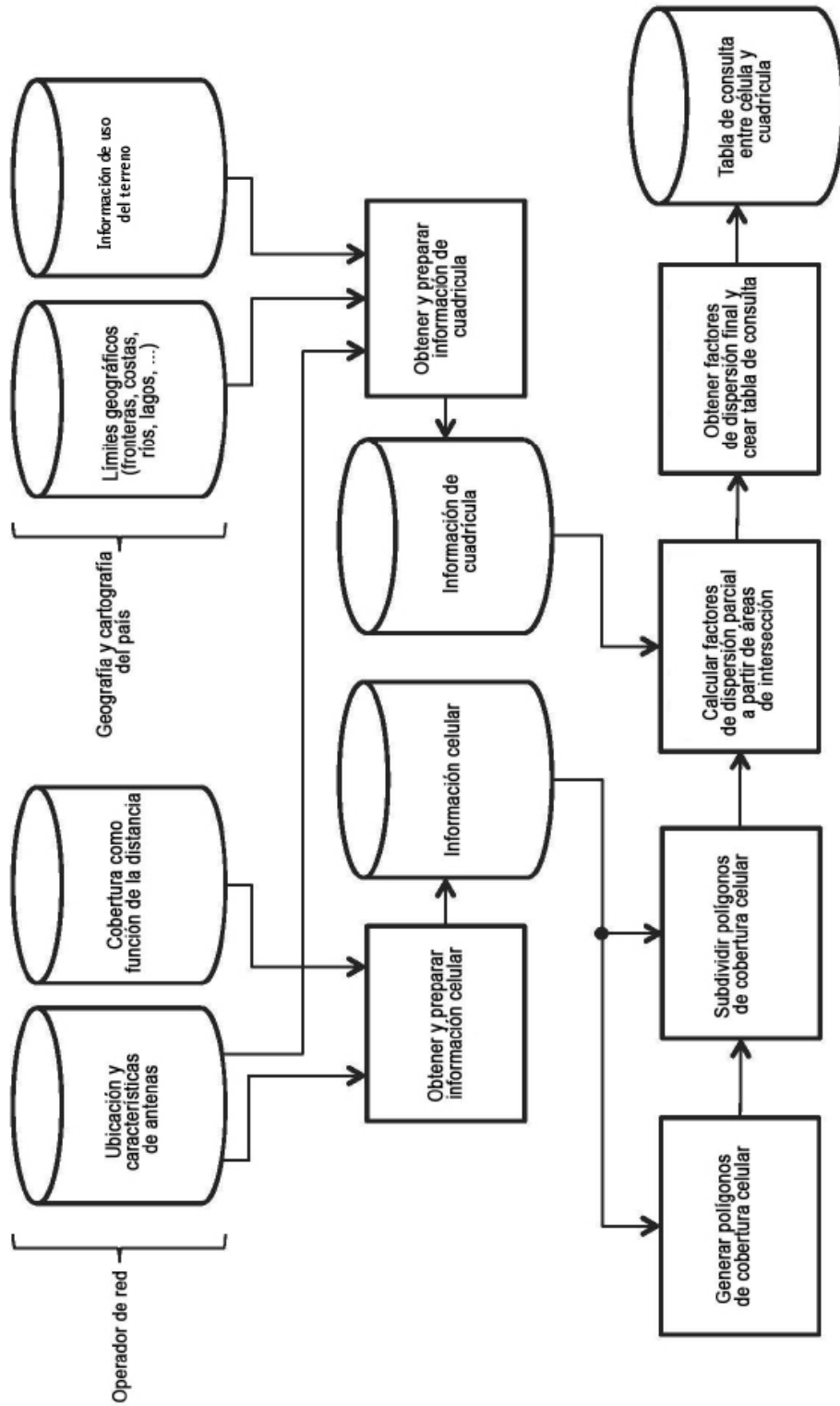


FIG. 4