



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 336 309**

51 Int. Cl.:
H04W 16/18 (2009.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **02291976 .5**

96 Fecha de presentación : **06.08.2002**

97 Número de publicación de la solicitud: **1283644**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **12.02.2003**

54 Título: **Procedimiento para establecer un mapa de cobertura de radio.**

30 Prioridad: **10.08.2001 FR 01 10724**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
12.04.2010

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
12.04.2010

73 Titular/es:
Société Française du Radiotéléphone-SFR
42, avenue de Friedland
75008 Paris, FR

72 Inventor/es: **Fattouch, Imad**

74 Agente: **Elzaburu Márquez, Alberto**

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 para establecer un mapa de cobertura de radio.

5 La presente invención se refiere a redes de radiotelefonía celular, y, más concretamente, durante la definición de una red prevista por un operador, a la estimación prevista de la cobertura de radio en cada una de las células, es decir, a la eficacia de la oferta de servicio de comunicaciones destinado a terminales móviles.

Una estimación de este tipo se conoce, en general, merced al documento WO-A-01/06349.

10 Una red de radiotelefonía celular está constituida por una pluralidad de estaciones de radio terrestres de base que garantizan la cobertura de radio de zonas que definen células respectivas. Para poder establecer las comunicaciones entre los terminales de radio móviles de una célula y la estación, los circuitos receptores de éstos tienen que recibir las señales por encima de su umbral de sensibilidad.

15 El ruido electrónico de los componentes de los circuitos receptores se añade al ruido de propagación de radio y puede hacer inutilizable la conexión, por ejemplo, durante una conexión digital, al provocar una detección errónea de algunos de los bits transmitidos. Cualquiera que sea el tipo de modulación utilizado, el riesgo de error de detección de los bits aumenta rápidamente cuando el nivel de señal útil recibida, y, por tanto, la relación señal/ruido, baje hasta un valor de umbral que sólo ofrezca un margen de seguridad mínimo contra los impulsos de ruido.

20 Una codificación de emisión de paquetes de bits de datos con redundancia, mediante código autocorrector, permite al receptor detectar errores, y corregirlos, si su número es limitado. Ello permite tolerar una disminución adicional limitada del nivel de recepción, pero, si se sobrepasa, el número excesivo de errores impedirá completamente la detección. Aun cuando la conexión lógica con la estación pueda establecerse inicialmente y mantenerse mediante señales de servicio, una proporción excesiva de bits útiles erróneos hará inutilizable la reserva de una vía de transmisión útil para la voz digitalizada y otros datos.

25 De manera general, es necesario prever, en las estaciones y los terminales, circuitos receptores de alta sensibilidad, es decir, con umbral de detección relativamente bajo, y circuitos emisores potentes.

30 Desde el punto de vista de la recepción, los componentes de los circuitos utilizados se seleccionan de manera que sólo presenten un nivel bajo de ruido intrínseco. Por tanto, se puede amplificar mucho la señal útil recibida, hasta que el nivel de ruido intrínseco, amplificado con la señal útil, empiece a volverse perturbador. De ese modo se alcanza el umbral de sensibilidad del receptor. Las distorsiones de propagación de radio constituyen también una causa de error, que limita las posibilidades de detección de las señales débiles.

35 Desde el punto de vista de la emisión, la potencia de las estaciones tiene que limitarse, para evitar perturbaciones entre células u otros sistemas de radio. Igualmente, la potencia de emisión de los terminales tiene que limitarse, para preservar la autonomía de su batería y la salud de los usuarios.

40 Por tanto, el operador no puede garantizar que todos los terminales de una célula recibirán una señal de un nivel, al menos, igual al umbral de sensibilidad que permita una conexión de radio, habida cuenta, en particular, de obstáculos de radio tales como las paredes de un apartamento o la carrocería de un automóvil que transporte al usuario. Lo anterior es aplicable al sentido ascendente, en dirección a la estación.

45 En la práctica, como el nivel del campo de radio disminuye con la distancia de acuerdo con una ley de atenuación conocida, el tamaño o “radio” de las células queda limitado por la distancia a la que el nivel de campo disminuye, sensiblemente, hasta el umbral de sensibilidad de los terminales, pero con un margen de seguridad determinado que permita tener en cuenta obstáculos transitorios a la propagación de radio que provoquen un desvanecimiento de la señal.

50 El operador de la red tiene en cuenta, también, el relieve de la célula y la naturaleza del suelo, edificios, bosques y otros, con el fin de corregir los cálculos de nivel de campo efectuados de acuerdo con la ley de atenuación. Así, en función de estos cálculos, puede determinar zonas ocultas en la célula, es decir, zonas en las que el nivel de recepción de las señales de la estación sea inferior al umbral de sensibilidad de los receptores.

55 En otros términos, y si cada célula se estructura a modo de red formada por una pluralidad de píxeles que representan, cada uno, una superficie de varias decenas o centenas de metros cuadrados, el mapa de cobertura de radio estará constituido por un mosaico de píxeles “negros” o “blancos” en función de que el campo de la estación sea en ellos, respectivamente, superior o inferior al umbral de buen funcionamiento de los terminales. El problema de conexión ascendente, en dirección a la estación, es menos crítico, pues ésta está equilibrada, merced a la parametrización de las condiciones de emisión y la concepción de la red, con la conexión descendente.

60 La solicitante se ha planteado el problema de la validez de tal enfoque binario para representar, como se ha mencionado en lo que antecede, o, de otro modo, el mapa de cobertura del servicio radiotelefónico.

ES 2 336 309 T3

La solicitante ha observado que el modo antedicho de determinación de la existencia de cobertura de radio no tenía en cuenta los aspectos dinámicos de la propagación de radio, a saber, la evolución de la misma a lo largo del tiempo, y, por tanto, las alternancias entre posibilidad e imposibilidad de conexión de radio en la zona de cada píxel, en función de las fluctuaciones del nivel recibido en torno al umbral de sensibilidad de los receptores.

Así, la presente invención tiene por objeto proponer un procedimiento de determinación del mapa de cobertura de radio de una célula que exprese mejor la realidad.

Para este efecto, la invención se refiere a un procedimiento de establecimiento de un mapa de cobertura de radio con, al menos, una célula de una red de radiotelefonía celular, por medio de un sistema de cálculo que disponga de datos memorizados previamente de un mapa geográfico que comprenda la posición de la célula, y una estación de radio de base asociada, que disponga de datos memorizados previamente que especifiquen un nivel de emisión de la estación y un nivel de umbral de sensibilidad de recepción de radio de los terminales de la célula, y que disponga de datos memorizados previamente de una ley de atenuación de propagación de radio, por cuyo procedimiento, el sistema de cálculo:

- a partir de los datos de mapa, convierte el mapa de la célula en una estructura reticular formada por una pluralidad determinada de píxeles del mapa que ocupen posiciones en las que memoriza datos representativos,
- por comparación de los datos de mapa que especifiquen la posición de la estación con los datos de posición de cada píxel, y, de acuerdo con la ley de atenuación, calcula una pluralidad de atenuaciones de propagación de radio del nivel de emisión de la estación en los píxeles respectivos, de las que deduce, a partir del nivel de emisión de la estación, una pluralidad de niveles medios de recepción, asociados con los píxeles respectivos, que memoriza.
- compara la pluralidad de niveles medios de recepción memorizados con el umbral de sensibilidad, para determinar una pluralidad de sentidos de desigualdad entre el valor del umbral y el valor del nivel medio de recepción asociado con cada píxel, y deducir a partir de ellos el mapa de cobertura de radio de la célula,
- una vez memorizados los datos que representen una ley de fluctuación temporal de la atenuación de propagación de radio, y una vez que pueda acceder a ellos, aplica la ley de fluctuación a la pluralidad de niveles medios de recepción,
- a partir de ello determina una pluralidad correspondiente de probabilidades de que dichas desigualdades respectivas tengan un sentido predeterminado, y
- establece el mapa de cobertura de radio al asociar, con cada píxel, datos que representen dicha probabilidad.

Así, recuperando la representación a base de imágenes de píxeles negros y blancos de la técnica anterior, la invención propone píxeles con niveles de gris diferentes, es decir, un enfoque dinámico que haga desaparecer las distorsiones que existían entre la realidad y la estimación binaria, estática, de la cobertura.

De ese modo, un píxel cuyo nivel “estático” o “medio” de recepción, calculado de acuerdo con la ley de propagación, sea inferior al umbral de sensibilidad, se asociará con una probabilidad de posibilidad de conexión, o índice de cobertura local, comprendida entre 0 y 50%, correspondiendo el último caso, sensiblemente, al umbral. Así, un píxel blanco de la técnica anterior se convierte en gris claro. Inversamente, un píxel negro se convierte en gris oscuro, puesto que existe una probabilidad de entre 0% y un 50% de que el nivel de recepción correspondiente sea, temporalmente, inferior al umbral.

Por tanto, la cobertura de radio en cada píxel, establecida por la probabilidad de superación o no del umbral, que depende de la ley de atenuación y la ley de fluctuación del nivel de recepción, traduce con una precisión adecuada la influencia de los fenómenos que afectan a la propagación de radio.

La desigualdad considerada, y la probabilidad asociada, puede indicar que el nivel recibido supere el umbral, y, entonces, expresa el hecho de que hay cobertura de radio, o bien, trata el caso opuesto, que indica no cobertura de radio. Por tanto, los dos casos corresponden a cálculos que se refieren a ejes de porcentajes de cobertura o no cobertura de direcciones opuestas, expresándose perfectamente la cobertura de radio, en ambos casos, directamente, por su valor o bien por su complemento. El caso de la perfecta igualdad de los niveles comparados es un caso particular sin significado específico, que puede asimilarse a uno u otro de los casos de desigualdad.

Está previsto que el procedimiento de la invención pueda aplicarse a varias células y, globalmente, a cualquier región geográfica o administrativa.

De preferencia, el sistema de cálculo determina también el mapa de cobertura de, al menos, otra célula de radio con otra estación de base, que ocupe una posición que le permita cubrir una zona de borde de la célula considerada, y asigna a los píxeles de la zona de borde una probabilidad compuesta de desigualdad que represente la composición de

ES 2 336 309 T3

la probabilidad asociada a la emisión de la estación de la célula considerada con una probabilidad equivalente asociada a la emisión de la otra estación.

Por tanto, se mejora la modelización de la red al considerar un efecto de ayuda mutua entre células, de tal manera que el nivel de cobertura medio estimado de las células aumenta. Como en la práctica el nivel de emisión de la estación se determina por la distancia a las zonas de borde, el hecho de aumentar su probabilidad de cobertura, por composición, evita la necesidad de aumentar el nivel de emisión de la estación, que, por otro lado, no presenta ningún interés en las zonas cercanas a la estación. Por tanto, eventualmente, puede reducirse el nivel de emisión previsto de la estación, y, en consecuencia, las perturbaciones en las otras células, si se supera el valor global de cobertura de radio deseado de la célula, o bien, puede aumentarse el tamaño de la célula.

Ventajosamente, al comprender el mapa datos de densidad de población, el sistema de cálculo puede determinar la densidad de población de cada píxel y ponderarla mediante la probabilidad asociada con cada píxel.

Así, el mapa de cobertura traducirá una realidad funcional y comercial, a saber, la estimación del porcentaje de clientela que disponga del servicio de radio en un instante determinado, o, también, el índice de disponibilidad funcional de los terminales. Pero se comprenderá que se trata de probabilidades medias que se aplican al conjunto de la población de terminales, y que la probabilidad de disponibilidad de un terminal determinado depende de su posición en la célula, y, en particular, *a priori*, es más reducida en el borde de la misma.

Con el fin de verificar las especificaciones, por ejemplo, el sistema de cálculo puede calcular la suma de las probabilidades de la pluralidad de píxeles para determinar un índice de cobertura de radio medio de la célula. El cálculo puede referirse al mapa de cobertura puramente geográfico o al mapa de cobertura de población, y, por tanto, a las probabilidades ponderadas.

La invención se comprenderá mejor a partir de la descripción que sigue de un modo preferido de puesta en práctica del procedimiento de la invención destinado a definir las células de una red de radiotelefonía celular, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

- la figura 1 representa, esquemáticamente, un mapa geográfico que incluye parte de una red de radiotelefonía celular en curso de elaboración,

- la figura 2 representa una curva de Gauss que ilustra una ley de variación del nivel de una señal de radio recibida,

- la figura 3 representa fluctuaciones de señal recibida que ilustran la curva de Gauss de la figura 2, y

- la figura 4 ilustra la ponderación del mapa de cobertura geográfica mediante un mapa de densidad de población.

La figura 1 representa, en un dispositivo de presentación de un sistema de cálculo 30, un mapa 31 de una zona geográfica de una red de radiotelefonía celular en curso de definición, en el que se han incluido las posiciones previstas de cuatro células de radio, con referencias 1, 2, 3 y 4, respectivamente, que rodean a estaciones de base 11, 12, 13 y 14 respectivas. Como se ha representado, las células 1 a 4 se solapan una con otra, presentando la célula 1 zonas de borde 120, 130 y 140 comunes, respectivamente, con las células 2, 3 y 4. Como se comprenderá, el solapamiento entre células 1 a 4 sólo es un caso particular en el contexto de la invención.

El mapa 31 consiste en una representación de datos de un mapa digital (32) almacenado en una memoria 32 de una base de datos 320 que contiene diversas memorias 32, 33 y 35 a 38 del sistema de cálculo u ordenador 30, cuyos medios de tratamiento de cálculo, o unidad central, de memorización, registro y presentación de datos, mediante un teclado y/o una pantalla de presentación interactiva con ratón o similar, no se han representado con detalle. El mapa digital (32) especifica los relieves naturales y artificiales, así como su naturaleza, tales como bosques, edificios u otros, lo que permite calcular una estimación de la atenuación de radio de la conexiones afectadas por los relieves.

El operador de la red a implantar dispone de una gama de frecuencias y ha definido en ella y memorizado en el ordenador 30, una pluralidad de valores de frecuencias de portadoras que constituyen canales de transmisión, digitales en este ejemplo, tales como los de las redes GSM o UMTS, asignados, respectivamente, a las estaciones 11 a 14. Los valores de las frecuencias asignadas se han memorizado en la base de datos 320, asociados con las estaciones correspondientes.

Como ilustran las flechas 41 y 42, un terminal de radio móvil 21, situado en la zona de borde con solapamiento 120, puede recibir las emisiones de varias estaciones, en este caso, las dos estaciones 11 y 12. De las dos señales, o más, recibidas, se considera como señal útil la de nivel más alto, por ejemplo, la de la estación 11, y la otra, que proviene de la estación 12, será una señal parásita, pero que puede convertirse en señal útil si las condiciones de propagación de radio invierten la desigualdad de los niveles. De manera accesoria, puede preverse, también, una gestión de niveles con histéresis, para limitar el número de comunicaciones de gestión (handover) de la movilidad de los terminales 21 entre las células 1 a 4. Así, una señal de nivel superior que pierda su primacía de nivel seguirá considerada como señal útil mientras que la diferencia con la señal convertida en la más fuerte no supere un valor determinado. Por tanto, de manera general, los límites de las células 1 a 4 fluctuarán en función de las condiciones de propagación de radio.

ES 2 336 309 T3

Puede estimarse un balance de la conexión de radio correspondiente en función de las posiciones relativas de las estaciones 11 a 14 en relación con la posición del terminal móvil 21 seleccionada por el ordenador 30, es decir, merced al cálculo de la atenuación de transmisión. Esta atenuación depende, en particular, de la distancia entre el emisor considerado y el terminal receptor 21, y puede calcularse fácilmente en caso de propagación en aire libre, a partir de un valor de atenuación lineal de, aproximadamente, 20 dB/km para la gama de frecuencias considerada y para los 500 primeros metros, y 30 dB/km por encima de esa distancia, o incluso, 40 dB/km en un entorno urbano. Eventualmente, en caso de obstáculos de radio, los datos acerca de la naturaleza de los relieves proporcionados por la base de datos 32 permitirán estimar el balance de conexión de una trayectoria de propagación determinada.

El mapa 31 se estructura en forma de una pluralidad de mallas o píxeles adyacentes 34, que, en este caso, representen, cada uno, un cuadrado de 5 metros de lado, comprendiendo la célula 1 N_1 mallas. El mapa 31 registrado permite al ordenador 30 calcular un nivel de recepción S_{1m} previsto de las señales de las estaciones 11 a 14 en cualquier punto o píxel 34, si se ha fijado previamente su nivel de emisión, y el ordenador podrá entonces guardar la pluralidad de niveles de recepción previstos, asociados con la pluralidad de píxeles 34, en una memoria 38 de la base de datos 320.

La referencia 30 representa, de manera general, un conjunto de tratamiento de datos cuya unidad central tiene acceso a los datos necesarios, contenidos en la base de datos 320 (datos (32) de mapa geográfico, leyes de atenuación y otros), habiendo sido guardados estos datos en memorias internas del propio ordenador 30 o estando disponibles en memorias externas, por ejemplo, bases de datos accesibles a través de una red de transmisión de datos.

Una vez seleccionadas *a priori* las posiciones de las estaciones 11 a 14 y sus potencias de emisión, y guardadas en la memoria 35, y una vez determinada la ley de atenuación de propagación de radio y guardada en la memoria 33, y una vez hechos accesibles los datos correspondientes para el ordenador 30, éste puede determinar el nivel de recepción S_{1m} de las señales de la estación 11 en cualquier punto o píxel 34 del mapa 31, por ejemplo, en la célula 1. El nivel S_{1m} es, en realidad, un nivel medio de recepción, como se explicará en lo que sigue. Igualmente, el ordenador 30 dispone de, guardado en una memoria 36, un valor de umbral S_0 de sensibilidad de recepción del terminal 21, es decir, del nivel mínimo por el que la proporción de bits erróneos alcanza un máximo admisible. Así, el ordenador 30 podrá determinar la diferencia entre el nivel de recepción S_{1m} (nivel de emisión de la estación 11 disminuido en el valor del balance de conexión) y el umbral de sensibilidad S_0 (figura 2).

Si la diferencia $S_{1m}-S_0$ es positiva la recepción estará garantizada casi todo el tiempo, y, si no, sólo será, como mucho, ocasional.

Como se ha mencionado al principio, la propagación de radio depende de contingencias que modulan el balance de conexión a lo largo del tiempo t . Así, un obstáculo móvil puede interponerse en el trayecto de las ondas, y atenuarlas, o por el contrario, puede dar lugar a una reflexión que refuerce la señal recibida por el terminal 21, "iluminando", por ejemplo, una zona de sombra de radio. Tales fluctuaciones han sido estudiadas y se han determinado sus particularidades estadísticas.

La figura 2 representa una curva de Gauss que ilustra una ley 370 de fluctuación estadística del nivel de recepción de radio. La curva de Gauss representa las diversas probabilidades P asociadas, respectivamente, con diversos niveles de recepción S_{1i} , representados en el eje de abscisas S_{1i} , separados del nivel medio S_{1m} . En la práctica, se ha observado que se trata de una ley logarítmica normal. A título indicativo, la suma de las probabilidades asociadas con los niveles separados en más de 1 desviación típica, DT , por uno de los lados, es igual a, aproximadamente, un 16%. En otros términos, la probabilidad de que un nivel instantáneo no esté separado en más de 1 desviación típica DT en relación con el valor medio S_{1m} calculado mediante el balance de conexión, es de un 68% ($100 - 2 \times 16 = 68$), siendo dicha probabilidad, sensiblemente, la mayor. Pero debe hacerse notar que la invención no se limita a esta ley particular, susceptible de ser modificada por efecto de condiciones particulares, por ejemplo, pasos repetidos de móviles perturbadores, obstáculos o reflectores. De manera general, resulta suficiente que el ordenador 30 disponga de, en la memoria 37, la ley de variación o fluctuación estadística 370 para determinar, de acuerdo con el nivel de recepción medio S_{1m} , la probabilidad de que un nivel instantáneo S_{1i} se encuentre de un lado u otro en relación con el umbral de sensibilidad S_0 . Por tanto, la curva de la figura 2 representa la forma de curva de Gauss de la ley 370 considerada, centrada en el nivel de recepción medio S_{1m} calculado.

En la figura 2, se ha representado el umbral de sensibilidad S_0 del terminal 21, de valor fijo, y se ha hecho deslizar (ficticiamente) la curva de Gauss en relación con el eje de abscisas, para posicionar la abscisa S_{1m} de su vértice al nivel determinado de acuerdo con el balance de conexión del punto de la célula 1 considerado. De ese modo, la curva de Gauss 370 queda dividida en dos partes, inferior y superior, que representan, cada una, la probabilidad de que la señal instantánea sea inferior o superior, respectivamente, al umbral de sensibilidad S_0 . Así, si el nivel medio recibido S_{1m} (vértice de la curva de Gauss) es, como en este caso, superior al umbral S_0 en, al menos, 1 desviación típica DT , la probabilidad de cobertura de radio será de, al menos, un 84%, es decir, que el riesgo de un desvanecimiento parcial de amplitud negativa que supere 1 desviación típica DT será inferior al 16% en cualquier instante. Como muestra la concavidad, orientada hacia arriba, de la rama inferior de la curva de Gauss, la probabilidad de no cobertura disminuye rápidamente más allá de 1 desviación típica DT .

Se ha representado también el caso opuesto, en el que el nivel medio S_{1m} se supone inferior al umbral de sensibilidad del terminal 21, con referencia S'_0 . Para facilitar el dibujo, se ha dejado fijo el nivel medio S_{1m} y se ha aumentado

ES 2 336 309 T3

el umbral S_0 hasta el nivel S'_0 . Estos dos casos de desigualdad entre el nivel medio S_{1m} y el umbral S_0 o S'_0 se ilustran mediante la figura 3.

La figura 3 muestra un ejemplo de fluctuaciones del nivel recibido S_1 . Como sugieren muy esquemáticamente las dos flechas que parten, respectivamente, de las dos zonas de la curva de Gauss situadas fuera del “corazón” de la misma, que van desde $S_{1m} - DT$ hasta $S_{1m} + DT$ en la figura 2, la señal S_1 permanece, estadísticamente, el 16% del tiempo t por debajo del nivel $S_{1m} - DT$, y el 16% del tiempo por encima de $S_{1m} + DT$. Por tanto, puede verse que, para una señal media S_{1m} recibida superior al umbral S_0 en, al menos, 1 desviación típica DT , la probabilidad, de que un impulso parásito negativo haga bajar la señal instantánea recibida por debajo del umbral S_0 , será inferior al 16%. Simétricamente, si el nivel medio recibido S_{1m} es inferior al umbral S'_0 en, al menos, 1 desviación típica DT , la probabilidad de que un impulso parásito positivo desplace la señal instantánea recibida por debajo del umbral S'_0 , será inferior al 16%. Como se ha dicho anteriormente, para facilitar el dibujo se han supuesto dos niveles de umbral S_0 , S'_0 , dejando invariable el nivel medio recibido S_{1m} , mientras que, de hecho, es éste el que varía con la atenuación, quedando fijo el umbral de sensibilidad S_0 , S'_0 .

Una descripción detallada de los cálculos de probabilidad de cobertura de radio en función del margen de seguridad del nivel medio de recepción S_{1m} puede encontrarse en el artículo “Microwave Mobile Communication”, de Jakes Jr., John Wiley & Sons, New York, 1974.

El ordenador 30 determina así, por cada punto o píxel de la pluralidad N_1 de una matriz de puntos o píxeles 34 del mapa 31 que represente toda la célula 1, el nivel medio S_{1m} de recepción de las señales de la estación 11 y las fluctuaciones del nivel medio S_{1m} de acuerdo con la ley de variación estadística de la memoria 37, y, por comparación con el umbral de sensibilidad S_0 , determina la probabilidad de que el nivel instantáneo S_1 se encuentre a un lado, determinado, del umbral S_0 . Por encima de éste, en un instante cualquiera, habrá cobertura de radio en el instante considerado, y, por debajo, el servicio de radio no estará garantizado. Como ya se ha indicado, el caso particular de igualdad, muy puntual, no presenta significado específico, y puede asociarse con cualquiera de los dos casos principales.

Así, de acuerdo con el procedimiento de la invención, de establecimiento de un mapa de cobertura de radio de una célula 1 de la red de radiotelefonía celular, por medio del ordenador 30, que dispone de datos (32) memorizados previamente que definen el mapa geográfico 31 que comprende la posición de la célula 1, y de una estación de radio de base 11 asociada, que dispone de datos (35, 36) memorizados previamente que especifican el nivel de emisión de la estación 11 y el nivel de umbral de sensibilidad S_0 de recepción de radio de terminales 21 de la célula 1, y que dispone de datos memorizados previamente de una ley de atenuación (33) de propagación de radio, dicho ordenador 30:

- a partir de los datos de mapa (32) convierte el mapa 31 de la célula 1 en una estructura reticular formada por una pluralidad determinada N_1 de píxeles 34 del mapa 31 que ocupen posiciones en las que memoriza datos representativos,
- por comparación de los datos de mapa (32) que especifiquen la posición de la estación 11 con los datos de posición de cada píxel 34, y, de acuerdo con la ley de atenuación (33), calcula una pluralidad N_1 de atenuaciones de propagación de radio del nivel de emisión (35) de la estación 11 en los píxeles respectivos 34, de las que deduce, a partir del nivel de emisión (35) de la estación 11, una pluralidad de niveles medios de recepción S_{1m} asociados con los píxeles 34 respectivos, cuyos niveles S_{1m} guarda en la memoria 38, y
- compara la pluralidad de niveles medios de recepción memorizados S_{1m} con el umbral de sensibilidad S_0 de los terminales 21 para determinar una pluralidad N_1 de sentidos de desigualdad entre el valor del umbral S_0 y el valor del nivel medio de recepción S_{1m} asociado con cada píxel 34, y deducir, a partir de ellos, el mapa de cobertura de radio de la célula 1.

Además,

- una vez memorizados los datos (37) que representen una ley de fluctuación temporal de la atenuación de propagación de radio, y una vez que pueda acceder a ellos, aplica la ley de fluctuación a la pluralidad N_1 de niveles medios de recepción S_{1m} ,
- a partir de ello el ordenador 30 determina una pluralidad N_1 correspondiente de probabilidades P (311, figura 4) de que dichas desigualdades respectivas tengan un sentido determinado, y
- establece el mapa de cobertura de radio al asociar, con cada píxel 34, datos que representen dicha probabilidad $P(311)$.

Se hace notar que la denominación “mapa de cobertura de radio” designa, fundamentalmente, datos 311 que indiquen la probabilidad de cobertura de radio en cada píxel 34. Si se desea, estos datos pueden representarse en forma de mapa, y/o tratarse digitalmente, con el fin de calcular un índice de cobertura medio en la célula 1, por suma de los índices de cobertura puntuales de los píxeles 34 respectivos, normalizándose el resultado al dividirlo por N_1 . Se hace notar, también, que los cálculos que anteceden de nivel absoluto recibido S_1 son equivalentes a los cálculos de nivel

ES 2 336 309 T3

relativo. En otros términos, podría definirse el nivel de sensibilidad S_0 por su desviación (atenuación máxima tolerable) en relación con el nivel de emisión de la estación 11.

Mediante cálculos clásicos, a partir de una fórmula presentada por Jakes para asociar la probabilidad puntual de cobertura de borde con la probabilidad integrada global en la célula 1, puede comprobarse que, si la desviación típica DT es, por ejemplo, de 10 (u 8) dB, y si se considera que el límite de la célula 1 está definido por un índice de cobertura del 50% ($S_{1m} = S_0$), la probabilidad de cobertura de la célula 1 (suponiendo propagación de radio homogénea) es del 75% (o del 78%). Inversamente, si se parte de un índice de cobertura de radio global medio deseado en la célula 1, por ejemplo, del 95%, habrá que limitar su tamaño o aumentar la potencia de la estación 11 para que la probabilidad de cobertura en el límite de la célula 1 llegue al 85% (o al 80%). La comparación de los dos ejemplos anteriores muestra que una desviación típica DT reducida es favorable, en el sentido de que una probabilidad del 80% en el borde resulta suficiente para cumplir el objetivo global medio del 95%. En el caso de la desviación típica DT de 10 dB, el valor de probabilidad del 85% en el borde hace que tenga que preverse en él un margen ($S_{1m}-S_0$) de 11,3 dB.

Se hace notar que el umbral S_0 puede variar con el servicio de radio ofrecido, en particular, un caudal mayor puede hacer subir este umbral. Por ejemplo, en el sistema de tercera generación UMTS, para paquetes con un caudal medio útil de 384 kb/s, se utiliza un nivel S_{1m} de -86 dBm en un borde, que incluye un margen de 12 dB. Por tanto, el umbral S_0 es de -98 dBm.

Naturalmente, el procedimiento anterior es aplicable a las otras células 2 a 4, independientemente una de otra. Pero, además, en este caso está prevista una mejora de los resultados del procedimiento, que consiste en tener en cuenta un efecto de borde, es decir, el hecho de ayuda mutua entre estaciones 11 a 14. En efecto, si se supone que el terminal 21 está situado en la zona de borde 120 de la célula 1 cubierta por una zona de borde de una célula adyacente 2, o, simplemente, cercana a ella, existe cierta probabilidad de que un nivel instantáneo S_2 de recepción de las señales de la estación 12 por parte del terminal 21 sea superior al umbral S_0 . En tal caso, el terminal 21 podrá conectarse con la estación 12 si su conexión con la estación 11 presenta un debilitamiento excesivo. Pero debe entenderse que la probabilidad de ayuda es limitada, o débil, puesto que se trata de conexiones, sensiblemente, en el límite de alcance de radio, y, por tanto, con un vértice de curva de Gauss cuya posición del nivel de recepción medio S_{1m} asociado, relativamente cercano al umbral S_0 , sólo ofrece un margen de seguridad reducido.

En tal caso, la probabilidad compuesta P_c de cobertura de radio en el píxel 34 considerado es la siguiente:

$$P_c = A + B - A.B,$$

es decir, la suma de las dos probabilidades de cobertura del píxel 34 considerado, A y B (figura 1), asociadas con las estaciones respectivas 11 y 12, disminuida en el valor del producto A.B, que representa el hecho de que una de las dos probabilidades B (o A) es inoperante cuando la otra probabilidad A (o B) sea efectiva, es decir, cuando funcione la conexión con la estación 11 (o 12). A título ilustrativo, en la figura 1, el píxel 34, designado en particular mediante la referencia 120, comprende un lado representado en toda su longitud con trazo grueso, por el interior del píxel, mediante una barra horizontal cuyo grosor es proporcional a la probabilidad A, y, también, un lado adyacente perpendicular representado en toda su longitud con trazo grueso, por el interior del píxel, mediante una barra vertical cuyo grosor es proporcional a la probabilidad B. La probabilidad compuesta P_c está representada por la superficie total ennegrecida, que, por tanto, será la suma de las dos superficies de trazo grueso, menos su superficie de solapamiento.

Pueden tenerse en cuenta, además, otras estaciones cercanas 13, 14 para aumentar el valor calculado del índice de cobertura del píxel de la zona de borde.

Así, el ordenador 30 determina también el mapa de cobertura de, al menos, otra célula 2, 3, 4 de radio, con otra estación de base 12, 13, 14, que ocupe una posición que le permita cubrir una zona de borde 120, 130, 140 de la célula 1 considerada, y asigna a los píxeles 34 de la zona de borde respectiva 120, 130 y 140, una probabilidad compuesta P_c de desigualdad que represente la composición de la probabilidad asociada a la emisión de la estación 11 de la célula considerada 1 con una probabilidad equivalente asociada a la estación 12, 13 14 de la otra célula 2, 3, 4.

La figura 4 ilustra otra particularidad del procedimiento de la invención que permite ofrecer un índice de cobertura de la población prevista de terminales 21 en la célula 1 considerada. La referencia 311 en el mapa 31 representa las N_1 probabilidades distintas de cobertura de los píxeles 34 respectivos, es decir, el mapa geográfico de cobertura de radio, limitado en este caso a cuatro píxeles 34, para mayor claridad. La referencia 312, en dicho mapa 31, señala las N_1 densidades distintas previstas de terminales 21, o, también, la densidad de población, modificada, eventualmente, con el fin de tener en cuenta la proporción de equipamiento con terminales 21 en la zona de la célula 1 considerada. La referencia 313 representa, también en el mapa 31, los N_1 productos distintos de la densidad estadística o probabilidad de cobertura de radio local 311 por la densidad 312 de los terminales 21 en el píxel 34 considerado. En el ordenador 30, cada píxel 34 está asociado con una información, representada en este caso mediante rayas más o menos apretadas, colores, niveles de gris, etc., que representen el producto de densidad compuesta resultante. Esta densidad compuesta puede expresarse mediante un número que represente, efectivamente, cierta densidad relativa entre píxeles 34, o mediante un número absoluto, si los píxeles 34 tienen tamaños diferentes. Se comprenderá que los datos 312 de mapa correspondientes son accesibles para el ordenador 30, y, preferiblemente, habrán sido almacenados previamente en él, y que éste efectúa los cálculos deseados de multiplicación o ponderación de cada píxel 34, y, eventualmente, también,

ES 2 336 309 T3

de integración de los N_1 resultados del mapa 313, con el fin de ofrecer un valor integrado de cobertura prevista de la población de usuarios estimada, y, por tanto, de los terminales 21.

De ese modo, al comprender el mapa 31 datos (312) de densidad de población, el ordenador 30 puede determinar la densidad de población de cada píxel 34 y ponderar el índice de cobertura de radio de los píxeles 34 en función de su densidad de población respectiva, con el fin de obtener el mapa 313 de cobertura de radio de la población.

El lector comprenderá fácilmente que el procedimiento de la invención puede aplicarse, también, a un conjunto de células de una zona determinada (pudiendo definirse esta zona mediante un contorno ficticio (arbitrario o simplemente comercial, administrativo, etc., por ejemplo, el contorno de un distrito)).

Resultará evidente a los expertos en la técnica que la presente invención permite modos de realización de muchas formas específicas distintas sin salirse del campo de aplicación de la invención reivindicado. En consecuencia, los presentes modos de realización tienen que ser considerados a título ilustrativo, pero pueden ser modificados dentro del campo definido por el alcance de las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de establecimiento de un mapa de cobertura de radio de, al menos, una célula (1) de una red de radiotelefonía celular, por medio de un sistema de cálculo (30) que disponga de datos (32) memorizados previamente de un mapa geográfico (31) que comprenda la posición de la célula (1), y de una estación de radio de base asociada (11), que disponga de datos memorizados previamente que especifiquen un nivel de emisión (35) de la estación (11) y un nivel de umbral de sensibilidad (36) de recepción de radio (S_0) de terminales (21) en la célula (1), y que disponga de datos, memorizados previamente, de una ley de atenuación (33) de propagación de radio, por cuyo procedimiento, el sistema de cálculo (30):

- a partir de los datos de mapa (32), convierte el mapa (31) de la célula (1) en una estructura reticular formada por pluralidad determinada (N_1) de píxeles (34) del mapa (31) que ocupen posiciones en las que memoriza datos representativos,
- por comparación de los datos del mapa (32) que especifiquen la posición de la estación (11) con los datos de posición de cada píxel (34), y, de acuerdo con la ley de atenuación (33), calcula una pluralidad (N_1) de atenuaciones de propagación de radio del nivel de emisión (35) de la estación (11) en los píxeles respectivos (34), de las que deduce, a partir del nivel de emisión (35) de la estación (11), una pluralidad de niveles medios de recepción (S_{1m}), asociados con los píxeles (34) respectivos, que memoriza (38),
- compara la pluralidad de niveles medios de recepción (S_{1m}) memorizados con el umbral de sensibilidad (S_0) para determinar una pluralidad de sentidos de desigualdad entre el valor del umbral (S_0) y el valor del nivel medio de recepción (S_{1m}) asociado con cada píxel (34), y deducir, a partir de ellos, el mapa de cobertura de radio de la célula (1),
- una vez memorizados los datos (37) que representen una ley de fluctuación temporal (370) de la atenuación de propagación de radio, y una vez que pueda acceder a ellos, aplica la ley de fluctuación (370) a la pluralidad N_1 de niveles medios de recepción (S_{1m}),
- determina, a partir de ello, una pluralidad correspondiente (N_1) de probabilidades (P, 311) de que dichas desigualdades respectivas tengan un sentido determinado, y
- establece el mapa de cobertura de radio al asociar con cada píxel (34) datos que representen dicha probabilidad (P, 311).

2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, por el que el sistema de cálculo (30) determina también el mapa de cobertura de, al menos, otra célula de radio (2, 3, 4), con otra estación de base (12, 13, 14), que ocupe una posición que le permita cubrir una zona de borde (120, 130, 140) de la célula considerada (1), y asigna a los píxeles (34) de la zona de borde (120, 130, 140) respectiva, una probabilidad compuesta (P_c) de desigualdad que represente la composición de la probabilidad (A) asociada a la emisión de la estación (11) de la célula considerada (1) con una probabilidad equivalente (B) asociada a la emisión de la otra estación (12, 13, 14).

3. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 y 2, por el que, al comprender el mapa (31) datos de densidad de población, el sistema de cálculo (30) puede determinar la densidad de población (312) de cada píxel (34) y ponderarla (313) mediante la probabilidad asociada con cada píxel (34).

4. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, por el que el sistema de cálculo (30) calcula la suma de las probabilidades (P, 311, 313) de la pluralidad de píxeles (34) con el fin de determinar un índice medio de cobertura de radio de la célula (1).

5. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 4, por el que el cálculo se refiere a la suma de las probabilidades ponderadas.

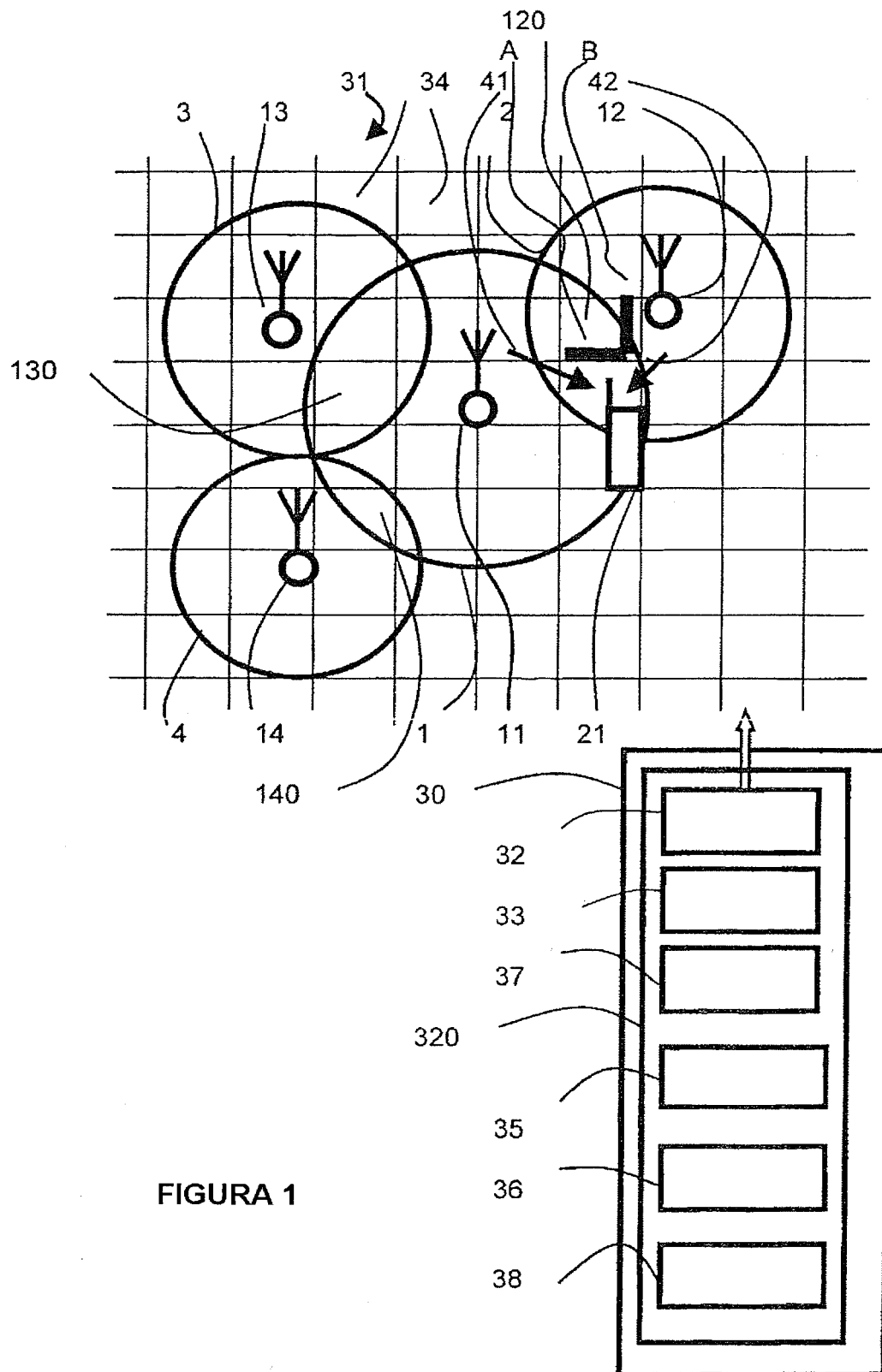
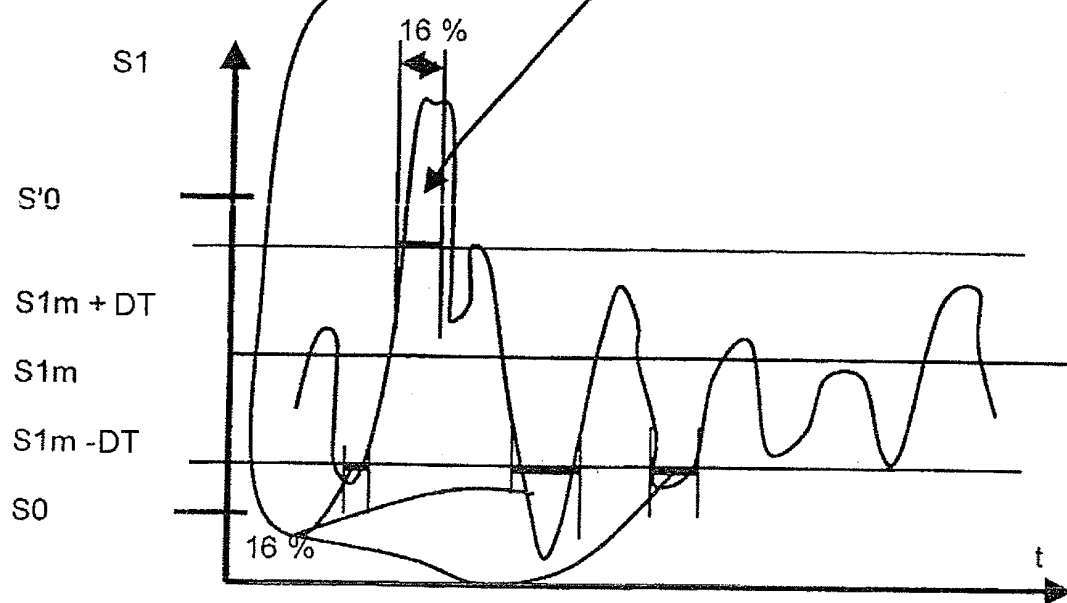
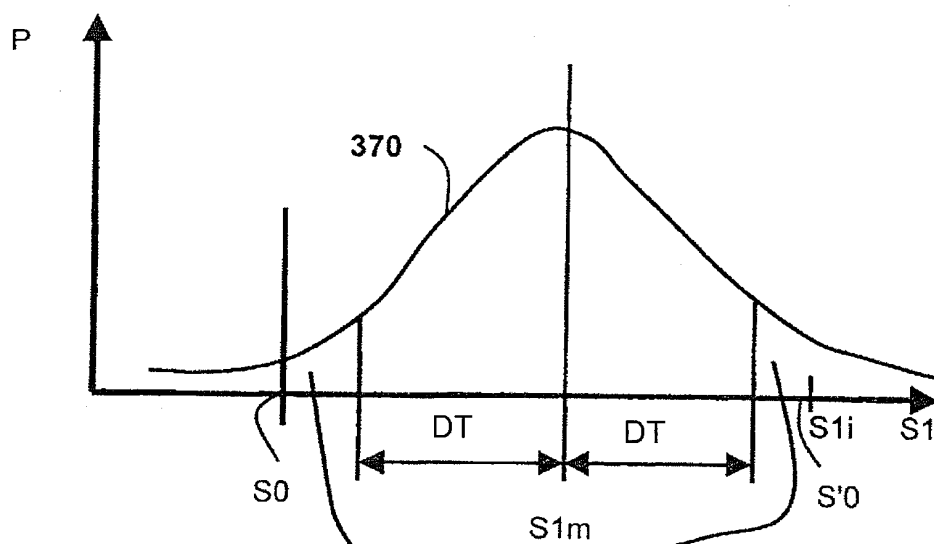


FIGURE 1



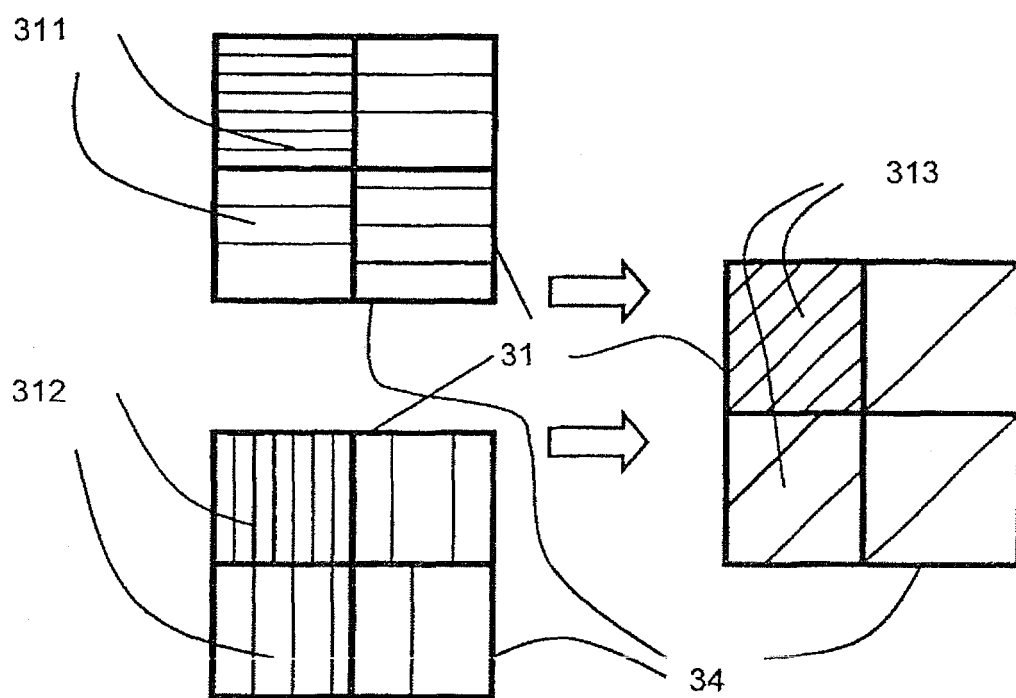


FIGURA 4