



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 288 599**

51 Int. Cl.:
H04B 7/005 (2006.01)
H04Q 7/36 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **03708781 .4**
86 Fecha de presentación : **10.03.2003**
87 Número de publicación de la solicitud: **1488540**
87 Fecha de publicación de la solicitud: **22.12.2004**

54 Título: **Procedimiento para configurar la potencia de salida de los canales piloto en una red de radio celular.**

30 Prioridad: **19.03.2002 SE 0200826**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
16.01.2008

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
16.01.2008

73 Titular/es: **TeliaSonera AB.**
Marbackagatan 11
123 86 Farsta, SE

72 Inventor/es: **Sommer, Magnus y**
Nilsson, Ulf

74 Agente: **Curell Suñol, Marcelino**

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 configurar la potencia de salida de los canales piloto en una red de radio celular.

5 **Campo técnico**

La presente invención se refiere a un procedimiento, un sistema y software para planificar y configurar sistemas de telefonía móvil. Más exactamente se refiere a un procedimiento, un sistema y software para determinar eficazmente la potencia de salida del canal piloto en diferentes células en un sistema de telefonía móvil celular.

10 **Técnica anterior**

En todos los sistemas de comunicación móvil de radio, el suministro de frecuencias es un factor de limitación. Cada operador presenta una o más partes de los espectros de radio asignados al mismo y debe optimizar la utilización de frecuencias para ofrecer alta capacidad, alta calidad y, con los nuevos sistemas de telefonía móvil que se implementan actualmente, también flexibilidad con respecto a la velocidad de transmisión y tipo de transmisión. En redes basadas en TDMA (Time Division Multiple Access, acceso múltiple por división de tiempo), tal como por ejemplo el sistema GSM distribuido globalmente y la norma común a Norteamérica y Sudamérica TIA/EIA-136 (TDMA), la planificación de frecuencia es, y ha sido, principalmente el objeto de la optimización.

Los sistemas de comunicación basados en la tecnología CDMA (Code Division Multiple Access, acceso múltiple por división de código), por ejemplo UMTS (Universal Mobile Telecommunication System, sistema universal de telecomunicaciones móviles) e IS-95 son inherentemente de interferencia limitada. En tales sistemas es de suma importancia que la red de radio se planifique para proporcionar una utilización óptima, o casi óptima, de la gama de frecuencia asignada. El denominado canal piloto (CPICH) es esencial para la planificación de la red de radio en sistemas basados en CDMA. El canal piloto se utiliza por el terminal móvil para buscar la mejor célula cuando el terminal móvil se enciende, y para determinar, con mediciones continuas, qué célula, en ese momento, ofrece la mejor posibilidad de comunicación, lo que constituye la base para decidir el cambio de célula. Durante la comunicación se utilizan mediciones en el canal piloto como base para decidir el cambio a otra célula (traspaso). La intensidad de señal recibida por el terminal móvil en un punto dado dentro de una célula se determina por la potencia de salida del canal piloto en combinación con el entorno de radio, es decir, entre otras cosas, desvanecimiento, ensombrecimiento e interferencia. La potencia de salida del canal piloto constituye por ello una manera de definir el área de cobertura de tráfico de la célula, o dicho de otro modo, la cobertura de la célula. También la capacidad del sistema se ve influida por la potencia de salida de los canales piloto dado que la potencia de salida total emitida dentro de un área controla la capacidad disponible. Los canales piloto se describen con mayor detalle en el documento UMTS TS25.211.

En la mayoría de los sistemas existentes la planificación del canal piloto, así como la planificación de frecuencia para sistemas basados en TDMA, se ha realizado preferentemente hasta ahora de manera manual. Con frecuencia se aplica un procedimiento "ensayo-error" en el que la potencia de salida diferente de los canales piloto se determina manualmente basándose en mediciones o en el comportamiento esperado de la red de radio. Después de eso, el plan del canal piloto se prueba normalmente con una herramienta de simulación para comprobar si se consigue la potencia deseada. En la mayoría de los casos se necesita una gran cantidad de reasignación y muchas simulaciones para alcanzar un buen resultado. Los procedimientos ensayo-error requieren mucho tiempo y han de ejecutarse por personal especializado y experimentado para proporcionar sistemas optimizados. Debido a esto muchas redes de radio en funcionamiento no están optimizadas.

Consecuentemente, es grande la necesidad de optimizar redes de radio con procedimientos que no pueden automatizarse. En el documento de la patente US n° 5.859.839 por M.T. Ahlenius *et al.* se describe un procedimiento para seleccionar automáticamente potencia para canales piloto.

Para la red de radio que va a optimizarse se determina un número de valores diferentes en un número de puntos que intenta describir el sistema. Los valores pueden, por ejemplo, ser interferencia, valor de traspaso, potencia, carga de tráfico y ponderación con respecto, por ejemplo, al tipo de comunicación. Los valores se recogen en diferentes mallas para permitir evaluarlos y proporcionar una imagen del rendimiento de la red de radio. La optimización se realiza según los principios para el recocido simulado, pero se mencionan otros algoritmos de optimización, por ejemplo genético. En la optimización se evalúan las "mallas" y cierta potencia de salida de los canales piloto para averiguar si se ha conseguido una mejora en el rendimiento. La evaluación de las "mallas" y la ponderación junto con su importancia para el rendimiento de la red de radio pueden ser un proceso extenso y lento. A partir del documento no es evidente la manera en la que se calculará un valor numérico inequívoco para el rendimiento de la red de radio, y por esa razón se desean encontrar otros procedimientos para, desde un punto de vista de la eficiencia del tiempo, describir el rendimiento de la red de radio.

La solicitud de patente EP 1028543 por D. Di Hou describe un procedimiento para el control de potencia de enlace descendente que también puede utilizarse para la planificación de canal piloto. El nivel de ruido y la propagación de onda se miden en un número de puntos en la red de radio, y la potencia de salida en enlace descendente se calibra para cumplir un valor objetivo predefinido. El valor objetivo en este caso es un valor predefinido, un valor "recomendado" y no representa necesariamente uno para el sistema como una condición óptima completa.

El documento AKL R.G.: "Multicell CDMA network design" IEEE TRANSACTIONS ON VEHICULAR TECHNOLOGY, vol. 50 núm. 3, páginas 711-722, XP002966497 (D1) muestra varios ejemplos de la optimización de capacidad de red.

5 Sumario de la invención

El objetivo de la presente invención consiste en reducir los problemas mencionados anteriormente para conseguir una planificación de canal piloto eficiente en un sistema de telefonía móvil celular basado en CDMA.

10 Esto se consigue mediante un procedimiento y un producto de software descrito en las partes caracterizadoras de las reivindicaciones independientes.

Debido a que el procedimiento según la invención utiliza una función objetiva que describe el rendimiento de la red de radio celular e incluye un término relacionado con la cobertura y un término relacionado con la capacidad, la potencia de salida de los canales piloto puede configurarse de manera que la capacidad se optimiza al mismo tiempo que se satisfacen las demandas en cobertura.

Una ventaja de la presente invención es que la función objetiva no necesita simularse pero puede calcularse, lo que reduce considerablemente la necesidad de potencia y tiempo del procesador.

Otra ventaja de la presente invención es que no necesita realizarse una etapa de verificación particular que incluya la simulación para conseguir una medida del rendimiento del sistema.

Breve descripción de los dibujos

25 La figura 1a-b muestra un sistema de telefonía móvil celular en el que la presente invención puede utilizarse.

La figura 2 muestra un diagrama de flujo para la planificación de canal piloto según la presente invención.

30 Descripción de las formas de realización

La figura 1a es un dibujo esquemático de una red de telefonía móvil celular del tipo en el que la presente invención puede utilizarse. En la figura se muestra un número de células 100 hexagonales, con una estación 110 base situada centralmente en cada una de ellas. El dibujo se considerará como una imagen idealizada de una red celular. En una red real el tamaño y la forma de las células varían considerablemente, por un lado debido a motivos topográficos, pero también para permitir ofrecer una capacidad más alta y diferentes grados de servicio en diferentes áreas. En redes basadas en CDMA (acceso múltiple por división de tiempo) y W-CDMA (CDMA de banda ancha), tales como redes según la norma UMTS (sistema universal de telecomunicaciones móviles) el tamaño de una célula se define por el denominado canal piloto, en la norma denominado CPICH. Esto se realiza por un terminal móvil, ejemplificado por el terminal 120 móvil en la figura 1, que mide continuamente qué célula proporciona la mejor posibilidad de comunicación. La estimación se basa en RSCP (potencia de código de señal recibida). La intensidad de señal recibida, RSCP, depende de la intensidad de señal transmitida del canal piloto, la posición del terminal móvil en relación con la estación base, y la propagación (atenuación) de las ondas de radio. La intensidad de señal del canal piloto transmitido puede utilizarse consecuentemente para determinar el área de cobertura de tráfico de las células, es decir, el tamaño de las células. La potencia de salida de los canales piloto desde la estación base núm. N se representa por P_n^{CPICH} (en la figura 1 ejemplificada por, P_1^{CPICH} , P_2^{CPICH} y P_3^{CPICH}). Cada estación base presenta además una potencia de salida máxima disponible designada, $P_{n,max}$, ($P_{1,max}$, $P_{2,max}$, $P_{3,max}$). A menudo existe únicamente asimismo un límite inferior estipulado por las autoridades que otorgan licencias por debajo del cual la RSCP de la señal piloto no debe caer. En Suecia, por ejemplo, la Agencia Nacional de Correos y Telecomunicaciones, PTS, ha establecido este límite a 58 dBμV/m para por lo menos 95% del área. La designación P_{1v1} se utiliza para el nivel de señal deseado del canal piloto y $P_{objetivo}$ para la probabilidad de área deseada. Límites como éste en combinación con la definición de área de cobertura de tráfico en interacción con otras células y la satisfacción de las demandas de capacidad y calidad en diferentes partes de la red son parámetros básicos para la planificación de canal piloto.

55 La potencia de salida P_n^{CPICH} de los diferentes canales piloto, así como un número de otros parámetros y todo el control de llamadas se establecen a través de uno (o más) controladores de red de radio, RNC 130 con los que comunican todas las estaciones 110 base.

La configuración de canal piloto se realiza normalmente en el arranque de una nueva red, o cuando partes de la red se han cambiado, por ejemplo cuando las nuevas estaciones base (nuevas células) se han instalado. Además, puede ser aconsejable realizar una reconfiguración de los canales piloto si la red no muestra el rendimiento esperado o para considerar condiciones modificadas en el entorno de radio. También es posible configurar el canal piloto dinámicamente para seguir mejor los cambios en la carga de tráfico durante un día, por ejemplo.

65 La figura 2 muestra un diagrama de flujo para las principales etapas del procedimiento para la planificación de canal piloto según la presente invención. Una descripción matemática de ciertas partes esenciales para el rendimiento se proporcionará a continuación. En esta forma de realización se supone que se posee el conocimiento sobre la red de radio siguiente: a) las ubicaciones de las estaciones base son fijas y conocidas, b) la propagación de onda se conoce,

o puede calcularse con gran precisión mediante procedimientos bien conocidos por el experto en la materia, c) la distribución del tráfico sobre el área se conoce o puede calcularse o aproximarse. Esencial para el procedimiento es la definición y el cálculo de una función objetiva F_{III} que expresará el rendimiento de la red de radio mediante un valor numérico. La función objetiva debe describir correctamente la influencia de la potencia de los canales piloto en la red a partir de todos los aspectos pertinentes. Adicionalmente, debe ser posible calcular la función objetiva de manera eficiente respecto al tiempo. El procedimiento de planificación piloto incluye las etapas:

205. La red de radio, o esa parte de la red de radio que se configurará como potencia de salida, se divide en áreas más pequeñas. Las áreas deben ser lo suficientemente pequeñas de manera que ni la intensidad de señal recibida ni la distribución de tráfico varíe considerablemente dentro del área. En los cálculos y la optimización siguientes se supone una intensidad de señal recibida constante y una distribución de tráfico constante dentro de las áreas. El número de áreas se designa con M , y cada área O_p , ($p = 1 \dots M$). En la figura 1b se muestra esquemáticamente cómo una parte de una red de radio puede dividirse en áreas O_p , más pequeñas. En la figura 1b se muestra una división de la red de radio regular, uniforme y con subáreas O_p , igualmente grandes. Un tipo de división tal es fácil de realizar, pero en algunas aplicaciones puede ser ventajosa una división irregular y/o no uniforme. Por ejemplo, el conocimiento de la topología, la geografía o la intensidad de tráfico esperada pueden indicar que es mejor una división con mayor detalle en algunas partes de la red de radio que en otras.

210. En una segunda etapa, se calcula la atenuación de la señal de radio del canal piloto entre la estación base n y el área O_p (en la que n puede ser cualquiera de las estaciones base dentro del área que se planificará) según los procedimientos conocidos por el experto para la propagación de onda. La atenuación se representa por λ_p .

215. En una tercera etapa se supone que el número promedio de usuarios activos dentro de O_p , de número de servicio s (en la que $s = 1$ puede representar el servicio de voz, $s = 2$ transmisión continua etc.) se conoce y es igual a pp^s .

220. En una etapa siguiente se proporcionan valores iniciales a la potencia de canal piloto, P_n^{CPICH} . Éstos pueden, por ejemplo, aunque no necesariamente, seleccionarse igual para todas las estaciones base y con un nivel suficientemente alto para satisfacer la demanda de cobertura.

225. En esta etapa la función objetiva se calcula según:

$$F_{III} = \frac{100}{\sum_n P_{\max,n}} \left(F_{cob} + \sum_n W_n^{III} (P_{\max,n} - P_n^{TOT}) \right) \quad (1)$$

en la que

$$W_n^{III} = \begin{cases} 1, & \text{si } P_n^{TOT} \leq P_{\max,n} \\ k_w & \text{en otro caso} \end{cases}$$

y

$$F_{cob} = \begin{cases} 0, & \text{si } p_{cob} \geq p_{objetivo} \\ 100(p_{cob} - p_{objetivo})k_{cob} & \end{cases}$$

La función objetiva según esta forma de realización presenta dos términos principales que se encargan de que la función objetiva cumpla las demandas que se han descrito anteriormente. Estos términos son un término relacionado con la cobertura, F_{cob} , que se encarga de satisfacer la demanda de cobertura, y el término restante, que está relacionado con la capacidad y la calidad. El término cobertura sanciona a las redes que presentan un área de cobertura demasiado baja mediante/con la ponderación k_{cob} para cada porcentaje en el que la cobertura está por debajo del objetivo. El término capacidad consiste en el principio del valor promedio del margen de potencia restante (en W) que está en las células. Sin embargo, esto sólo se aplica cuando ninguna célula supera su potencia de salida máxima. Si esto ocurre, esto se sanciona mediante/con la ponderación k_w para cada W en exceso. Las ponderaciones son parámetros libres que normalmente están indicados en la utilización del procedimiento. Los términos incluidos se definirán y las operaciones matemáticas necesarias se describirán a continuación.

203. En una etapa de optimización, la función objetiva se optimiza con respecto a la potencia de salida de los canales piloto, P_n^{CPICH} . La optimización puede, por ejemplo, basarse en que la potencia de salida de los canales piloto se modifica y la función objetiva se calcula según la etapa 225. Preferentemente se utiliza un algoritmo genético (descrito a continuación) para la optimización, pero también pueden utilizarse otros procedimientos, como por ejemplo recocido simulado o procedimientos de evolución.

235. En una etapa de finalización, los nuevos valores, P_n^{CPICH} , para la potencia de salida de canal piloto se transmite/transfiere a la estación base respectiva a través de RCN: 130.

Descripción matemática de la función objetiva

La función objetiva según la presente invención y que se calcula en la etapa 225 se proporciona por:

$$F_{III} = \frac{100}{\sum_n P_{max,n}} \left(F_{cob} + \sum_n W_n^{III} (P_{max,n} - P_n^{TOT}) \right) \quad (1)$$

$$W_n^{III} = \begin{cases} 1, & \text{si } P_n^{TOT} \leq P_{max,n} \\ k_w, & \text{en otro caso} \end{cases}$$

en la que

$$F_{cob} = \begin{cases} 0, & \text{si } p_{cob} \geq p_{objetiva} \\ 100(p_{cob} - p_{objetiva})k_{cob}, & \end{cases}$$

p_{cob} es la probabilidad de área obtenida y la potencia de salida total P_n^{TOT} se proporciona por la ecuación de matriz

$$\bar{P}^{TOT} = (I - \bar{\Omega})^{-1} \bar{\Lambda} \quad (2)$$

en la que

$$\bar{P}^{TOT} = \begin{pmatrix} P_1^{TOT} \\ P_2^{TOT} \\ \vdots \\ P_N^{TOT} \end{pmatrix}, \quad \bar{\Lambda} = \begin{pmatrix} \Lambda_1 \\ \Lambda_2 \\ \vdots \\ \Lambda_N \end{pmatrix} \quad \text{y} \quad \Omega_{nm} = \sum_{p \in Q_n} x_p \omega_{pm}$$

Q_n representa el área de cobertura para la célula número n , por consiguiente la cantidad

$$Q_n = \left\{ p; \frac{P_n^{CPICH}}{\lambda_p^n} > \frac{P_m^{CPICH}}{\lambda_p^m} \quad \forall m \neq n \right\} \quad (4)$$

y $b(p)$ representa la célula de servicio para el área p . Si $p \in Q_n$ entonces se aplica $n = b(p)$.

Λ_n representa el valor promedio ponderado de carga de las atenuaciones de propagación de onda para la célula número n

$$\Lambda_n = \sum_{p \in Q_n} x_p N_p$$

$$N_p = N_0 \lambda_{b(p)}^p + \sum_{n=1}^N (P_n^{CPICH} + P_n^{común}) \omega_{pn} \quad (5)$$

$$\omega_{pn} = \frac{\lambda_{b(p)}^p}{\lambda_n^p} \quad (n \neq b(p)); \quad \omega_{pb(p)} \equiv (1 - \alpha).$$

en la que $P_n^{común}$ es la potencia de salida para los canales de “control común” en la célula número n . Éstos se establecen con/mediante un desfase constante, D (en dB), en relación a la potencia de salida del canal piloto.

$$P_n^{comun} = 10^{D/10} P_n^{CPICH}$$

Además, N_0 representa la potencia de ruido dentro del ancho de banda, N el número de células, y finalmente la contribución de carga desde el área p se representa por x_p :

$$x_p = \sum_s \rho_p^s \frac{(1-\alpha)R_s\gamma_s}{W + (1-\alpha)R_s\gamma_s} \quad (6)$$

En esta expresión, R_s representa la velocidad de transferencia de datos para el número s de servicio y γ_s el requisito de señal/ruido (E_b/N_0) (realmente energía de bit frente a densidad de potencia de ruido) para el número s de servicio.

Los parámetros libres que se establecen durante la utilización del procedimiento para la planificación de canal piloto son k_{cob} , k_w y D . Los valores adecuados de estos parámetros se proporcionan en los ejemplos a continuación. K_{cob} se selecciona preferentemente de manera que F_{cob} siempre sea superior al término de capacidad. K_w preferentemente no debería seleccionarse tan pequeño para que el sistema seleccione proporcionar una potencia de salida demasiado alta a una célula individual ("bloqueo") para permitir de esta manera proporcionar mayor capacidad en otras células. Al mismo tiempo, k_w debería seleccionarse para que la proporción entre F_{cob} y el término de capacidad se conserve.

Debería observarse que la función objetiva propuesta en la presente memoria puede calcularse y no necesita simularse, lo que es común en la tecnología conocida. El hecho de que la función objetiva pueda calcularse da como resultado un gran ahorro de tiempo. Un ahorro de tiempo adicional se consigue al volver a formular el problema, tal como se proporciona por la ecuación (2). La ecuación (2) implica que es necesaria una inversión de matriz para determinar la potencia de salida total. La matriz que va a invertirse, $1-\Omega$, es una matriz $N \times N$ (en la que N es el número de células), que en todos los casos normales es una operación ejecutada relativamente de manera rápida. Sin esta nueva formulación, una matriz de tamaño $M \times M$ ha de invertirse en su lugar (M es el número de áreas pequeñas, O_p). El ahorro de tiempo gracias a esta nueva formulación es grande, dado que el tiempo necesario para una inversión de matriz es proporcional al cubo del número de columnas (o filas) de la matriz. Normalmente, N es de la magnitud 10^2 , mientras que M es aproximadamente 10^4 . Por consiguiente, el ahorro de tiempo es de aproximadamente un millón, 10^6 de veces.

Formulaciones alternativas de la función objetiva

La función objetiva puede formularse de muchas maneras diferentes, lo que resultará evidente para el experto en la materia, y todavía estar dentro del alcance de la presente invención. Un número de tales alternativas se describe a continuación. En las formas de realización descritas a continuación, solamente varía la estructura de la función objetiva, es decir la etapa 225. Las etapas de inicio anteriores, así como las etapas de optimización posteriores, se ejecutan esencialmente de la misma manera que antes.

En una primera realización alternativa, la función objetiva está destinada a proporcionar cobertura total y al mismo tiempo maximizar el valor promedio del margen de potencia (en dB) entre la potencia de salida total disponible y la potencia de salida CPICH para todas las células. La distribución de la carga de tráfico no se considera. La función objetiva, F_1 , se proporciona por:

$$F_1 = \frac{1}{N_{células}} \left(F_{cob} + \sum_n W_n^1 (10 \log P_{max,n}^{CPICH} - 10 \log P_n^{CPICH}) \right) \quad (7)$$

$$W_n^1 = \begin{cases} 1, & \text{si } P_n^{CPICH} \leq P_{max,n}^{CPICH} \\ k_W & \text{en otro caso} \end{cases}$$

Como alternativa, puede utilizarse en su lugar el margen de potencia absoluta (en mW), que proporciona la expresión para la función objetiva F_{II} :

$$F_{II} = \frac{1}{N_{células}} \left(F_{cob} + \sum_n W_n^1 (P_{max,n}^{CPICH} - P_n^{CPICH}) \right) \quad (8)$$

En las siguientes funciones objetivas también se considera la distribución de la carga de tráfico. F_{III} se describió en detalle anteriormente. La función objetiva F_{IV} ofrece una manera alternativa con respecto a la carga de tráfico. La potencia de salida total P_n^{TOT} , con respecto a la potencia de salida disponible máxima $P_{n,max}$, puede describirse aproximadamente según:

$$10 \log P_{max,n} = const. - 10 \log(1 - X_{max,n})$$

$$10 \log P_n^{TOT} = const. - 10 \log(1 - X_n)$$

en la que la constante incluye todos los términos independientes de la carga. La carga máxima con respecto a la carga actual por célula se proporciona mediante $X_{max,n}$ con respecto a X_n . Si las ecuaciones anteriores se utilizan para proporcionar una medida del margen de carga, $X_M = X_{max,n} - X_n$ por célula, se obtiene la siguiente expresión;

$$X_{M,n} = X_{max,n} - X_n \Rightarrow X_{M,n} = (1 - X_n) \left(1 - \frac{P_n^{TOT}}{P_{max,n}} \right)$$

y la función objetiva puede formularse como el margen de carga promedio para todas las células:

$$F_{IV} = \frac{100}{N_{células}} \left(F_{cob} + \sum_n (1 - X_n) \left(1 - \frac{P_n^{TOT}}{P_{max,n}} \right) \right) \quad (9)$$

La función objetiva F_{II} puede extenderse para considerar también la carga de tráfico mediante cada término en la suma que se pondera mediante/con el factor que describe la carga $1/(1-X_n)$. Las células con una carga de tráfico que supera el 100% se discriminan mediante/con un factor de ponderación k_x . La función objetiva tendrá entonces la forma:

$$F_V = \frac{1}{N_{células}} \left(F_{cob} + \sum_n W_n^I W_n^V \frac{P_{max,n}^{CPICH} - P_n^{CPICH}}{1 - X_n} \right) \quad (10)$$

$$W_n^V = \begin{cases} 1, & \text{si } X_n < 1 \\ k_x & \text{en otro caso} \end{cases}$$

Descripción de la etapa de optimización

La etapa de optimización, 230, está constituida por un número de fases. El procedimiento propuesto en este caso para la optimización, el algoritmo genético, se conoce pero se ha modificado para el problema actual, y las modificaciones se describen a continuación. Para una descripción completa se remite a "A Genetic Algorithm for Function Optimization: A Matlab Implementation" por C. Houck, J. Joines y M. Kay, ACM Transactions on Mathematical Software, 1996.

La adaptación del algoritmo genético que va a utilizarse para el problema de planificación piloto se compone de la implementación de una mutación y cruzamiento (crossover), y la selección de individuo. Un individuo es la cantidad de potencia de salida piloto para todas las células, $\{P_n^{CPICH}, \forall n \leq N\}$. La mutación es una función que sitúa un individuo en un nuevo individuo, es decir, crea un nuevo individuo sobre la base de uno antiguo. Se utiliza el siguiente procedimiento:

1. Seleccionar aleatoriamente K células diferentes (K es un parámetro libre).

2. Para estas K células la potencia de salida piloto se modifica aleatoriamente (de manera diferente en cada una de ellas) según

$$P_{n,nuevo}^{CPICH} = P_{n,antiguo}^{CPICH} + ETAPA \times (2 \times rand - 1) \quad [dBm]$$

$$rand \in \text{Uniforme } (0,1)$$

ES 2 288 599 T3

Etapla se establece por el usuario y rand es un número aleatorio distribuido de manera uniforme.

La función de cruzamiento sitúa dos individuos (padres) en dos nuevos individuos (hijos). Funciona según lo siguiente:

1. Seleccionar un número aleatoriamente entre 1 y N. Llamar a este número z.

2. Cambiar la potencia piloto para la célula número z entre los dos individuos padres. De esta manera se crean dos individuos hijos.

El algoritmo genético modifica en cada etapa el conjunto de individuos (denominado población) mediante las funciones de mutación y cruzamiento. Después, se aplica un proceso de selección en la población, que sobre la base del valor de función objetiva, calculado según la ecuación (1), etapa 225, selecciona a qué individuos se les permitirá avanzar a la etapa siguiente. El proceso de selección es una función de rango basada en la distribución geométrica normalizada, que es un proceso de selección estándar para el algoritmo genético (véase).

La etapa de optimización en este caso se ha ejemplificado mediante un algoritmo genético, que es una forma de realización preferida de la invención. Sin embargo, el experto en la materia apreciará que un número de otros algoritmos de optimización, como por ejemplo algoritmos de recocido simulado o evolución, así como procedimientos de simulación del tipo Monte Carlo, pueden utilizar las ventajas de la función objetiva F_{III} propuesta.

Prueba y verificación de la función objetiva y algoritmo de optimización

Para verificar la aplicabilidad de las formas de realización de la presente invención descritas en la presente memoria, se describe en este caso un escenario de prueba constituido por 16 células. Las células forman una red cuadrículada de hexágonos con una distancia entre las estaciones base de aproximadamente 346 m, que proporciona una distancia más larga desde la estación base al borde de la célula de 200 m. La red se dividió en un modelo cuadrículado rectangular, con cuadrados de tamaño 20x20, lo que proporcionó 5.329 puntos de cuadrados. Se supuso que el tráfico está constituido por voz solamente, con una velocidad de transferencia de bits R, de 12.200 bits/s y un objetivo señal/ruido (E_b/n_0) de 7,9 dB. Se supuso que la carga de tráfico va a distribuirse a tres puntos calientes (*hotspot*) con distribución de carga homogénea entre ellos. Se probaron dos cargas de tráfico diferentes, una alta y una baja. Adicionalmente, se utilizaron valores según la tabla 1 para simular un entorno urbano.

TABLA 1

Parámetros para el escenario de prueba

Parámetro	Valor
Pérdidas en cables y conectores	3 dB
Radio de la célula	200 m
Altura de antena del terminal	1,7 m
Altura de antena	25 m
Max. Potencia de salida (nodo B)	43 dBm
Frecuencia	2.140 MHz
Desvanecimiento por sombra estándar	7 dB
Correlación de lugar de desvanecimiento por sombra	0,5
Distancia de correlación de desvanecimiento por sombra	110 m
Factor de ortogonalidad (α)	0,5

La optimización para las diferentes funciones objetivas se realizó en 2.000 etapas (generaciones). Los factores de ponderación se han seleccionado según la tabla 2. Como referencia se utilizó una red en la que toda la potencia de salida CPICH se había establecido igual. El resultado después de 2.000 generaciones se muestra en la tabla 3.

TABLA 2

Factores de ponderación

Función objetiva	k_{cob}	k_w	k_x	$P_{objetivo}$	P_{N1}
1	1.10^6	1000		95%	-85,2 dBm
2	1.10^6	1000		95%	-85,2 dBm
3	1.10^9	1000	-	95%	-85,2 dBm
4	1.10^6	-	-	95%	-85,2 dBm
5	1.10^6	1000	1.10^6	95%	-85,2 dBm

TABLA 3

Resultados

Función objetiva	Función objetiva final carga baja/alta	Cobertura CPICH carga baja/alta	Potencia de salida CPICH promedio [dBm] carga baja/alta	Potencia de salida total promedio [dBm] carga baja/alta	Tiempo(s) CPU carga baja/alta
Referencia		95,01%	37/37	39,9/41,5	-
1	58,61/58,61	95,08%	37,7/37,7	41,8/48	393/350
2	16364/16364	95,01%	35,5/35,5	38,7/ 40,6	390/358
3	63,44/45,74	95,01%	35,5/35,9	38,6/40,3	3924/3802
4	60,21/39,66	95,01%	35,5/35,6	38,7/40,7	4205/4052
5	16035/15472	95,01%	35,6/35,5	38,7/40,5	666/646

Al observar la tabla 3 puede verse que las funciones objetivas propuestas en este caso en combinación con las etapas de optimización, proporcionan una mejora con respecto tanto a la potencia de salida promedio de los canales piloto (CPICH) como para la potencia de salida total promedio con tiempo de procesamiento razonable/moderado (tiempo CPU).

Las funciones objetivas y el algoritmo de optimización se han utilizado en este caso para optimizar la potencia de canal piloto. En este análisis se ha supuesto que la ubicación de las estaciones base es fija. El procedimiento descrito en la presente memoria puede utilizarse también para optimizar la ubicación de las estaciones base. Entonces se utiliza preferentemente la función objetiva 1, F_1 o similar.

El objetivo de la presente invención consiste en optimizar la planificación piloto en una red celular basada en CDMA para telefonía móvil, en la presente memoria ejemplificada por una red celular W-CDMA según las especificaciones UMTS. Debería ser posible utilizar la invención, con pequeñas modificaciones en redes CDMA según la norma IS-95, y el desarrollo adicional de CDMA según la norma IS-95 que están en desarrollo. Como apreciará el experto en la materia, pueden utilizarse procedimientos similares también para otra optimización de redes de radio celulares, pero necesita que las funciones objetivas se vuelvan a definir para describir la necesidad de optimización actual. Las optimizaciones en las que puede utilizarse el procedimiento según la presente invención pueden ser, por ejemplo, planificación de frecuencia en redes GSM, potencia de salida de estación base en redes GSM o TDMA, etc.

El procedimiento se aplica de manera más sencilla en forma de un producto de software, en el que la definición de función objetiva y la entrada de parámetros necesarios para describir la red de radio actual pueden constituir un módulo, y los algoritmos de optimización otro. Mediante una construcción de módulo, por ejemplo, el cambio de algoritmo de optimización puede realizarse de manera sencilla.

ES 2 288 599 T3

El software puede almacenarse en, y ejecutarse en un ordenador, preferentemente en un PC, una estación de trabajo, o si se necesita una alta capacidad de cálculo, un ordenador especializado de manera específica. El ordenador está conectado de manera adecuada con el sistema de telefonía móvil para la transmisión sencilla de valores CPICH recibidos/obtenidos a las estaciones base, preferentemente comunicados/transmitidos a través del RNC. Si la potencia de salida de los canales piloto debe gestionarse de manera dinámica, el producto de software debería implementarse de manera que la información pueda transmitirse rápidamente entre el ordenador que realiza la optimización y las funciones de control de la red de radio. El producto de software puede proporcionarse y/o comercializarse, por ejemplo, almacenado en un medio de almacenamiento informático tal como un disquete, CD, DVD, o transmitirse, por ejemplo, a través de Internet.

Las formas de realización descritas anteriormente pueden modificarse de diferentes maneras y variar dentro del alcance de la idea básica de la invención. Tales variaciones y modificaciones se consideran dentro del alcance de la invención tal como se define en las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para configurar la potencia de salida de los canales piloto en una red de radio celular, comprendiendo la red de radio una pluralidad de células y para cada célula una estación base y un canal piloto asociados, comprendiendo las etapas siguientes:

división de la red de radio, o parte de la red de radio, en subáreas /partes de área,

estimación de la atenuación (λ_p) de la señal de radio para la totalidad, o combinaciones definidas de, subáreas/partes de área y células,

estimación del tipo de tráfico y carga de tráfico dentro de cada subárea /parte de área,

cálculo de una función objetiva para conseguir un valor numérico con respecto a la calidad de la red de radio, o parte de la red de radio, basándose en una configuración de la potencia de salida de canales piloto,

optimización con el objetivo de configurar los valores de potencia de salida de los canales piloto de manera que el valor numérico de la función objetiva se maximice,

caracterizado porque la división de la red de radio, o parte de la red de radio, se realiza de manera que en cada subárea se espera que la intensidad de señal desde los canales piloto de las células sea esencialmente constante y dentro de cada subárea se espera que la carga de tráfico sea esencialmente constante, y

porque la función objetiva incluye un término relacionado con la cobertura y un término relacionado con la capacidad.

2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado** porque el término de cobertura sanciona mediante/con un factor de ponderación relacionado con la cobertura (k_{cob}) a las configuraciones propuestas que no satisfacen la demanda de cobertura.

3. Procedimiento según la reivindicación 2, **caracterizado** porque el término de capacidad describe esencialmente un valor promedio de margen de potencia restante en las células, y si cualquier célula supera su potencia de salida máxima, se sanciona la configuración propuesta con/mediante un factor de ponderación relacionado con la capacidad (k_w).

4. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado** porque la etapa de optimización comprende un algoritmo de optimización que comprende una variación aleatoria de potencia de salida de canales pilotos seleccionados y un proceso de selección para seleccionar los valores de potencia de salida de los canales piloto que maximizan el valor numérico de la función objetiva.

5. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado** porque la etapa de optimización se compone de un algoritmo genético.

6. Procedimiento según la reivindicación 3, **caracterizado** porque la función objetiva (F_{III}) puede describirse esencialmente según:

$$F_{III} = \frac{100}{\sum_n P_{\max,n}} \left(F_{cov} + \sum_n W_n^{III} (P_{\max,n} - P_n^{TOT}) \right)$$

en la que F_{cob} es el término relacionado con la cobertura, la suma $\sum_n W_n^{III} (P_{\max,n} - P_n^{TOT})$ es el término relacionado con la capacidad,

$$W_n^{III} = \begin{cases} 1, & \text{si } P_n^{TOT} \leq P_{\max,n} \\ k_w & \text{en otro caso} \end{cases} \quad \text{y} \quad F_{cob} = \begin{cases} 0, & \text{si } P_{cob} \geq P_{objetivo} \\ 100(p_{cob} - p_{objetivo})k_{cob} & \end{cases}$$

en la que P_n^{TOT} es la potencia de salida total, $P_{n,\max}$ es la potencia máxima disponible de cada estación base, P_{cob} es una probabilidad de área supuesta y $P_{objetivo}$ es la probabilidad de área deseada.

7. Procedimiento según la reivindicación 2, **caracterizado** porque el término de capacidad se calcula esencialmente basándose en el margen de carga por célula y porque el término de capacidad de la función objetiva describe esencialmente el margen de carga promedio.

5 8. Procedimiento según la reivindicación 7, **caracterizado** porque la función objetiva (F_{IV}) puede describirse esencialmente según

$$10 \quad F_{IV} = \frac{100}{N_{cells}} \left(F_{cov} + \sum_n (1 - X_n) \left(1 - \frac{P_n^{TOT}}{P_{max,n}} \right) \right)$$

15 en la que F_{cob} es el término relacionado con la cobertura, la suma $\sum_n (1 - X_n) \left(1 - \frac{P_n^{TOT}}{P_{max,n}} \right)$ es el término relacionado con la capacidad,

$$20 \quad F_{cob} = \begin{cases} 0, & \text{si } P_{cob} \geq P_{objetivo} \\ 100(P_{cob} - P_{objetivo})k_{cob} & \end{cases}$$

25 en la que X_n es la carga actual por célula, P_n^{TOT} es la potencia de salida total, $P_{n,max}$ es la potencia máxima disponible de cada estación base, P_{cob} es una probabilidad de área supuesta y $P_{objetivo}$ es la probabilidad de área deseada.

9. Procedimiento según la reivindicación 2, **caracterizado** porque el término de capacidad de la función objetiva se pondera mediante/con un factor que describe la carga y porque las células que presentan una carga de tráfico que supera un valor predefinido se sancionan mediante/con un factor de ponderación relacionado con la carga de tráfico de la célula (k_x).

30 10. Procedimiento según la reivindicación 7, **caracterizado** porque la función objetiva (F_v) puede describirse esencialmente según

$$35 \quad F_v = \frac{1}{N_{cells}} \left(F_{cov} + \sum_n W_n^I W_n^V \frac{P_{max,n}^{CPICH} - P_n^{CPICH}}{1 - X_n} \right)$$

40 en la que F_{cob} es el término relacionado con la cobertura, la suma $\sum_n W_n^I W_n^V \frac{P_{max,n}^{CPICH} - P_n^{CPICH}}{1 - X_n}$ es el término relacionado con la capacidad,

$$45 \quad F_{cob} = \begin{cases} 0, & \text{si } P_{cob} \geq P_{objetivo} \\ 100(P_{cob} - P_{objetivo})k_{cob} & \end{cases}$$

$$50 \quad W_n^{III} = \begin{cases} 1, & \text{si } P_n^{TOT} \leq P_{max,n} \\ k_w & \text{en otro caso} \end{cases}$$

$$55 \quad W_n^V = \begin{cases} 1, & \text{si } X_n < 1 \\ k_x & \text{en otro caso} \end{cases}$$

60 en la que P_n^{CPICH} es la potencia de salida de los canales piloto por célula n , $P_{max,n}^{CPICH}$ es la potencia de salida máxima permitida de los canales piloto por célula, X_n es la carga actual por célula, P_n^{TOT} es la potencia de salida total, $P_{n,max}$ es la potencia máxima disponible de cada estación base, P_{cob} es una probabilidad de área supuesta y $P_{objetivo}$ es la probabilidad de área deseada.

65 11. Producto de software que puede cargarse directamente en una memoria interna en un procesador en un ordenador destinado para ser utilizado para la configuración de canal piloto, comprendiendo el producto de software un código de software para ejecutar las etapas según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10.

ES 2 288 599 T3

12. Producto de software almacenado en un medio de almacenamiento que puede utilizarse en ordenadores, que comprende uno o más programas para efectuar/conseguir un proceso en un ordenador destinado para ser utilizado para la configuración de canal piloto, para comprobar la ejecución de las etapas según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10.

5

13. Red de radio para la comunicación móvil en la que se implementa el procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

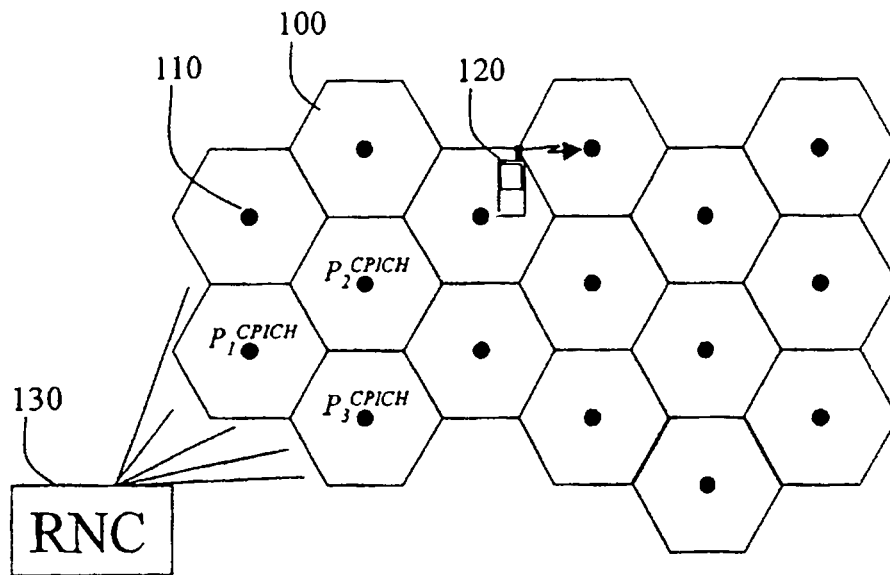


Figura 1a

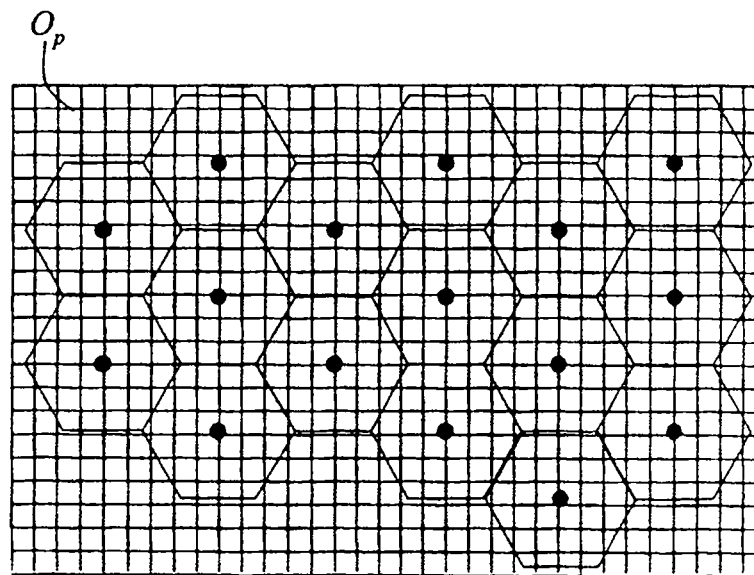


Figura 1b

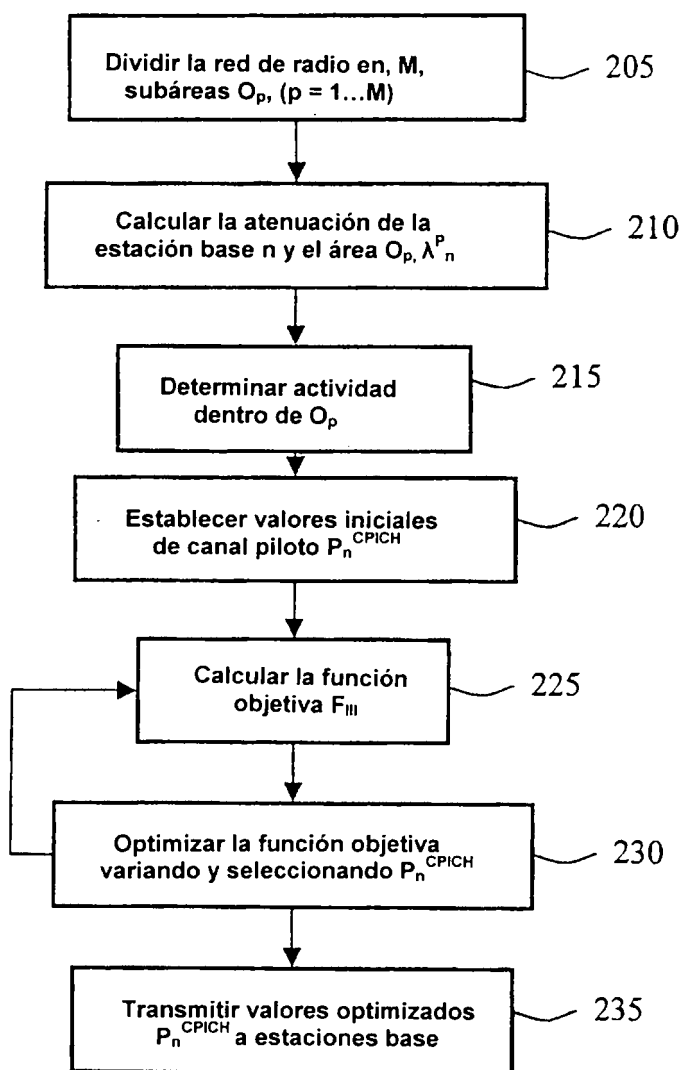


Figura 2