

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 530 807**

51 Int. Cl.:

**H04B 17/00**

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.04.2010 E 10732484 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.12.2014 EP 2564529**

54 Título: **Estimación de la carga para obtener estabilidad de las células en sistemas de blanqueamiento de interferencias**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**06.03.2015**

73 Titular/es:

**TELEFONAKTIEBOLAGET LM ERICSSON (PUBL)  
(100.0%)  
164 83 Stockholm, SE**

72 Inventor/es:

**WIGREN, TORBJÖRN**

74 Agente/Representante:

**DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto**

**ES 2 530 807 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

Estimación de la carga para obtener estabilidad de las células en sistemas de blanqueamiento de interferencias

**Campo técnico**

5 La presente invención se refiere en general a métodos y dispositivos para la estimación de magnitudes relacionadas con la potencia en sistemas de comunicaciones celulares y se refiere, en particular, a métodos y dispositivos del tipo mencionado, destinados a fines para la estabilidad de las células en sistemas de comunicaciones celulares usando blanqueamiento de interferencias.

**Antecedentes**

10 Los sistemas de telecomunicaciones de Acceso Múltiple por División de Código de Banda Ancha (WCDMA) poseen muchas propiedades atractivas que se pueden usar para el desarrollo futuro de servicios de telecomunicaciones. En particular, el enlace ascendente mejorado del sistema WCDMA es un componente de la solución de banda ancha móvil del WCDMA. En la actualidad, para mantener la estabilidad de una célula WCDMA, posiblemente una célula que está haciendo funcionar un enlace ascendente mejorado, es necesario mantener la carga por debajo de un cierto nivel. Esto se deduce debido a que la mayoría de canales de usuario de enlace ascendente, por lo menos en el WCDMA, está sujeta a un control de potencia. Este control de potencia apunta a mantener el nivel de potencia recibida de cada canal en una cierta relación señal/interferencia (SIR), con el fin de poder satisfacer requisitos de servicio específicos.

15 Puesto que la Estación Base de Radiocomunicaciones (RBS) intenta mantener cada canal en su valor de SIR preferido específico, puede ocurrir que un usuario adicional, o tráfico de datos por ráfagas de un usuario existente, eleve el nivel de interferencia, reduciéndose así momentáneamente la SIR para los otros usuarios. La respuesta de la RBS es ordenar un aumento de potencia para la totalidad del resto de usuarios, algo que hace aumentar todavía más la interferencia. Normalmente, este proceso permanece estable por debajo de un cierto nivel de carga. En caso de que repentinamente apareciera un canal de alta capacidad, el incremento de la interferencia se hace grande y aumenta el riesgo de inestabilidad, la denominada elevación extrema de la potencia (*power rush*). Es por lo tanto necesario planificar canales de enlace ascendente de alta capacidad, como el canal de enlace ascendente mejorado (EUL) del WCDMA, de modo que se pueda garantizar la evitación de la inestabilidad. Para llevar a cabo esto, se debe estimar la carga instantánea en la RBS o cualquier nodo conectado a la misma. Esto permite la valoración del margen de capacidad que queda hasta el punto de inestabilidad.

20 En la solicitud de patente internacional publicada WO 2006/076969 se da a conocer un planteamiento para mejorar la estimación de la carga. Un valor mínimo de una magnitud de potencia, preferentemente una diferencia entre la potencia recibida total instantánea de banda ancha y la suma instantánea de potencias de todos los enlaces usados en la misma célula, se utiliza como estimación de un límite superior del ruido térmico de fondo, sobre cuya base se puede estimar una medición del aumento de ruido. En la solicitud de patente internacional publicada WO 2007/024166 se da a conocer un algoritmo óptimo y flexible para la estimación del aumento de ruido fundamentada en una idea básica similar de valores mínimos.

25 En el planteamiento mencionado, la carga instantánea se obtuvo a partir de dos mediciones de carga dirigidas a la cobertura y la estabilidad de las células. La medición de la carga para la cobertura se obtuvo mediante el uso de un algoritmo dedicado que estima la elevación sobre el ruido térmico (*rise over thermal*) (RoT), a partir de mediciones de la potencia total recibida de banda ancha (RTWP). La estabilidad de las células se obtuvo mediante el denominado cálculo del factor de carga, aprovechando potencias de canal sujetas a un control de potencia rápido de bucle interno.

30 Para gestionar velocidades de datos de enlace ascendente crecientes, en el WCDMA se está introduciendo la cancelación de interferencias (IC). Un procedimiento convencional para llevar a cabo una IC se resume por medio de las siguientes etapas. Se estima un modelo de canal de la fuente de interferencia a cancelar. Esto no provoca ninguna operación adicional, ya que este modelo de canal es necesario de todos modos. La señal transmitida de la fuente de interferencia a cancelar también se decodifica. Esto también es necesario en cualquier caso. A continuación se crea una réplica de la señal recibida de la fuente de interferencia a cancelar, mediante el uso del modelo de canal y la señal decodificada. Esta réplica se puede reconstruir, por ejemplo, como un flujo continuo de segmentos (*chips*) de IQ. La réplica de la señal interferente se resta posteriormente de la señal recibida del usuario para su decodificación, con la esperanza de reducir así la potencia restante de la fuente de interferencia a niveles de potencia muy bajos.

35 Evidentemente este procedimiento afecta a la funcionalidad de medición de la carga del EUL WCDMA. Por lo tanto, el planificador debe tener conocimiento de la carga de enlace ascendente instantánea en varios puntos de la señal de la nueva estructura de receptor de CI con el fin de poder utilizar la cantidad total de recursos. A no ser que dichas estimaciones de carga se pongan a disposición, no será posible aprovechar las ganancias de los enlaces en su totalidad, cuando se realice una planificación de los usuarios de EUL. En la solicitud de patente internacional publicada WO 2008/097145, la estimación de la carga con IC de este tipo convencional se gestiona de manera análoga a procedimientos anteriores de estimación del aumento de ruido.

El documento WO2009116905A1 se refiere a un método y una disposición en un sistema de comunicaciones inalámbricas, por ejemplo, una Red de Acceso Terrestre por Radiocomunicaciones UMTS evolucionada, para una planificación y un control de admisión mejorados del enlace ascendente proporcionando una determinación mejorada de magnitudes relacionadas con la potencia, por ejemplo, niveles de interferencia de células vecinas, para tonos específicos, y proporcionando una estimación recursiva de magnitudes relacionadas con el ruido, por ejemplo, estimaciones de la potencia del ruido de fondo, para tonos específicos. El método y la disposición describen una medición de la interferencia de células vecinas para cada subconjunto de tonos a partir de por lo menos una medición del ruido de fondo para cada subconjunto de tonos sobre la base de magnitudes de potencia combinadas de la potencia total de enlace ascendente por cada subconjunto de tonos y la división de dicha medición del ruido de fondo en sub-mediciones de ruido de fondo para cada subconjunto de tonos, dependiendo dicha división del ancho de banda de cada subconjunto de tonos.

El documento US20060229089 describe un control de interferencias en un sistema de comunicaciones inalámbricas. Un procesador determina un parámetro de elevación sobre el ruido térmico sobre la base de una elevación sobre el ruido térmico referente a una relación de energía total con respecto a energía térmica recibida en cada antena de un receptor de redes de acceso. Se determina un factor de reducción de interferencia en relación con una energía de interferencia reducida a partir de la energía total recibida. Se determina una elevación sobre el ruido térmico efectiva basándose en el parámetro de elevación sobre el ruido térmico y el factor de reducción de interferencia.

Otro planteamiento para limitar el efecto de la interferencia es usar algún tipo de planteamiento para blanquear interferencias, tal como el GRAKE, el GRAKE+ o un ecualizador de segmentos (*chip equalizer*). El receptor RAKE es el receptor convencional en sistemas WCDMA, véase, por ejemplo *WCDMA for UMTS – Radio Access for Third Generation Mobile Communications*, de H. Holma y A. Toskala. Chichester, UK: Wiley, 2001, págs. 27 a 30. El receptor GRAKE+ es una extensión del receptor RAKE en la medida en la que se introduce una etapa adicional que transforma la señal recibida en una que es espectralmente blanca, antes de que se lleve a cabo el procesado RAKE, véase, por ejemplo, "Adaptive generalized Rake reception in DS-CDMA systems", de L. Fulghurn, D. A. Cairns, C. Cozzo, Y.-P. E. Wang y G. E. Bottomley, presentada en la *IEEE Trans, Wireless Commun.*, 2008. La diferencia básica con el GRAKE+ en comparación con el RAKE convencional, es que cada usuario ve un nivel reducido de interferencia, inmediatamente después de la etapa de combinación de pesos. En el GRAKE+, en primer lugar se estima una matriz de covarianza  $\hat{\mathbf{R}}_u$ ,  $u = 1, \dots, U$ , con un orden igual al número de ramas para capturar la interferencia. Los códigos no usados por el usuario actual  $u$  se pueden utilizar para estimar la matriz de covarianza  $\hat{\mathbf{R}}_u$ . De este modo, el receptor GRAKE+ utiliza una matriz de covarianza estimada  $\hat{\mathbf{R}}_u$  que modela la interferencia para el cálculo de los pesos de combinación para los usuarios  $u$ ,  $u = 1, \dots, U$ . Expresado matemáticamente, se puede escribir:

$$\hat{\mathbf{R}}_u \hat{\mathbf{w}}_u = \hat{\mathbf{h}}_u, \quad u = 1, \dots, U, \quad (1)$$

donde  $\hat{\mathbf{h}}_u$ ,  $u = 1, \dots, U$ , es la respuesta neta del canal del usuario  $u$  y donde  $\hat{\mathbf{w}}_u$  son los pesos de combinación. El efecto de (1) es que el GRAKE+ esencialmente blanquea la interferencia correlacionada y elimina picos espectrales grandes de fuentes de interferencia en ciertas posiciones de las ramas y para ciertos elementos de antena. Así, en el GRAKE+, el usuario experimenta un nivel reducido de interferencia, inmediatamente después de la etapa de combinación de pesos. Obsérvese que el GRAKE+ sigue siendo un receptor lineal.

Para utilizar la interferencia reducida proporcionada por el receptor GRAKE+, las estimaciones de carga deben llevarse a cabo teniendo en cuenta el blanqueamiento de interferencias del GRAKE+. La disponibilidad de estimaciones de carga es importante para la funcionalidad de control de la admisión y la congestión del RNC. El motivo es que, si no, estas funciones limitarán el aprovechamiento de las ganancias de enlaces asociadas a la cancelación de interferencias o a receptores de cancelación de interferencias. No obstante, en contraposición a lo que es válido para la cancelación de interferencias basada en la regeneración y la resta, el ruido térmico de fondo se cambia de la misma manera que la reducción de interferencia obtenida por el proceso GRAKE+, y ya no se puede tratar como constante después del blanqueamiento de interferencias. Con el fin de medir la carga instantánea, teniendo en cuenta las ganancias de CI, es necesario abordar la carga después de la etapa de blanqueamiento de interferencias GRAKE+. Por ello, no se puede usar un tratamiento análogo al del documento WO 2008/097145 para obtener una estimación del aumento del ruido, siendo el motivo que el documento WO 2008/097145 requiere que el ruido de fondo sea constante. Así, existe un problema en el uso de la interferencia reducida creada, puesto que no hay disponible ninguna estimación fiable del aumento de ruido. Hay presentes problemas similares para sistemas que utilizan el GRAKE, donde se usan sub-bloques de la matriz de covarianza de (1).

Además, tal como se ha mencionado de manera breve anteriormente, una medición de la elevación sobre el ruido térmico (RoT), disponible típicamente a partir de mediciones de la potencia total recibida de banda ancha (RTWP) cuando se tiene en cuenta la influencia del GRAKE+, es útil para abordar la cobertura de las células. No obstante, con la finalidad de obtener una estabilidad de las células altamente fiable, dichas mediciones de la RoT no resultan tan eficaces puesto que en el análisis se incluyen potencias que no están sujetas al control rápido de potencia de bucle interno.

Existe un tipo relacionado de receptor con blanqueamiento de interferencias para WCDMA que es también lineal, denominado ecualizador de segmentos. La diferencia entre el GRAKE+ y el ecualizador de segmentos es simplemente el orden de ciertas operaciones básicas. La consecuencia es que los problemas de proporcionar una medición fiable del aumento de ruido para la estabilidad de las células son asimismo válidos para los sistemas que utilizan el ecualizador de segmentos.

**Sumario**

Por lo tanto, es un objetivo de la presente invención proporcionar métodos y disposiciones para proporcionar estimaciones fiables del aumento de ruido con fines para la estabilidad de células en sistemas de comunicaciones inalámbricas usando métodos de blanqueamiento de interferencias, tales como el GRAKE+ o los receptores de ecualizadores de segmentos. Un objetivo adicional es proporcionar dichos métodos y disposiciones, en los cuales el poder de cálculo solicitado está relativamente limitado.

El objetivo se logra con métodos y disposiciones de acuerdo con las reivindicaciones de patente independientes adjuntas. Las reivindicaciones dependientes definen realizaciones preferidas. En general, en un primer aspecto, un método de estimación del aumento de ruido en un sistema de comunicaciones inalámbricas comprende la medición de la potencia total recibida de banda ancha una pluralidad de veces y la generación de una medición de una potencia de célula propia una pluralidad de veces. Se calcula una estimación de una medición del ruido de fondo sobre la base de por lo menos una serie de las potencias totales recibidas de banda ancha medidas y las mediciones generadas de una potencia de célula propia. Se estima una potencia de interferencia de células vecinas para un primer usuario sobre la base de por lo menos una serie de las potencias totales recibidas de banda ancha medidas y las mediciones generadas de una potencia de célula propia. Se lleva a cabo un blanqueamiento de interferencias sobre la base de uno de un GRAKE, un GRAKE+ y un ecualizador de segmentos para el primer usuario. Se determina una potencia de señal útil para el primer usuario después del blanqueamiento de interferencias. Se obtiene un primer factor de compensación del ruido de fondo de usuario sobre la base de pesos de combinación para el primer usuario usados en el blanqueamiento de interferencias. Se obtiene una medición de la relación de la potencia de código con respecto a la interferencia para el primer usuario. Se calcula una medición del aumento de ruido para el primer usuario, basándose por lo menos en la potencia de señal útil para el primer usuario después del blanqueamiento de interferencias, el primer factor de compensación del ruido de fondo de usuario, la medición de la relación de la potencia de código con respecto a la interferencia para el primer usuario, la medición del ruido de fondo y la potencia estimada de la interferencia de células vecinas.

En un segundo aspecto, una disposición para la estimación del aumento de ruido en un sistema de comunicaciones inalámbricas comprende un receptor digital, un módulo de blanqueamiento de interferencias conectado al receptor digital y un procesador conectado al receptor digital y a una salida del módulo de blanqueamiento de interferencias. El módulo de blanqueamiento de interferencias se basa en uno de un GRAKE, un GRAKE+ y un ecualizador de segmentos y está configurado para proporcionar blanqueamiento de interferencias para una pluralidad de usuarios en la salida. El procesador está configurado para medir la potencia recibida total de banda ancha recibida en el receptor digital una pluralidad de veces y está configurado para generar una medición de una potencia de célula propia una pluralidad de veces. El procesador está configurado además para calcular una estimación de una medición de ruido de fondo sobre la base de por lo menos una serie de las potencias totales de banda ancha recibidas medidas y las mediciones generadas de una potencia de célula propia. El procesador está configurado además para calcular una estimación de una potencia de interferencia de células vecinas para usuarios individuales de la pluralidad de usuarios sobre la base de por lo menos una serie de las potencias totales de banda ancha recibidas medidas y las mediciones generadas de una potencia de célula propia. El procesador está configurado además para determinar una potencia de señal útil para un primer usuario de la pluralidad de usuarios después del blanqueamiento de interferencias y para deducir un primer factor de compensación del ruido de fondo de usuario sobre la base de pesos de combinación para el primer usuario usados en el blanqueamiento de interferencias. El procesador está configurado además para obtener una medición de la relación de la potencia de código con respecto a la interferencia para el primer usuario. El procesador está configurado además para calcular una medición del aumento de ruido para el primer usuario, basándose por lo menos en la potencia de señal útil para el primer usuario después del blanqueamiento de interferencias, el primer factor de compensación del ruido de fondo de usuario, la medición de la relación de la potencia de código con respecto a la interferencia para el primer usuario, la medición del ruido de fondo y la potencia estimada de interferencia de células vecinas.

En un tercer aspecto, un planificador de carga de un sistema de comunicaciones inalámbricas que comprende una disposición para la estimación del aumento de ruido de acuerdo con el segundo aspecto. El planificador de carga está configurado además para planificar carga de enlace ascendente en el sistema de comunicaciones inalámbricas sobre la base de la medición estimada del aumento de ruido.

En un cuarto aspecto, una estación base de un sistema de comunicaciones inalámbricas comprende una disposición para la estimación del aumento de ruido de acuerdo con el segundo aspecto.

Una ventaja de la presente invención es que los niveles de interferencia reducidos que se logran con el GRAKE+ o el ecualizador de segmentos se pueden utilizar en su totalidad para aumentar la capacidad disponible total de un sistema de comunicaciones inalámbricas mediante una medición de carga adecuada para fines de estabilidad de las

células. Esto se puede realizar incluso con un poder de cálculo disponible relativamente limitado.

**Breve descripción de los dibujos**

La invención, junto con otros objetivos y ventajas de la misma, se puede entender de forma óptima haciendo referencia a la siguiente descripción considerada conjuntamente con los dibujos adjuntos, en los cuales:

- 5 la FIG. 1 es una ilustración esquemática de un sistema de comunicaciones inalámbricas;
- la FIG. 2 es una ilustración esquemática de una disposición de estimación del aumento del ruido;
- la FIG. 3 es una ilustración esquemática de una cadena de receptor que incluye una disposición de aumento del ruido;
- 10 la FIG. 4 es una ilustración esquemática de una cadena de receptor que incluye cancelación de interferencias y una disposición de aumento del ruido;
- las FIGS. 5A-B son ilustraciones esquemáticas de situaciones de planificación de potencia con cantidades diferentes de interferencia de células vecinas;
- la FIG. 6 es un esquema de bloques de una realización de una disposición de estimación del aumento de ruido de acuerdo con la presente invención; y
- 15 la FIG. 7 es un diagrama de flujo de una realización de un método de acuerdo con la presente invención.

**Descripción detallada**

Durante toda la descripción, las letras en negritas de las ecuaciones se refieren a magnitudes vectoriales o matriciales.

En los dibujos, los números de referencia correspondientes se usan para partes similares o correspondientes.

- 20 La presente invención da a conocer mediciones de carga nuevas, directamente asociadas a la estabilidad de las células, y la estimación de estas mediciones de carga. La descripción se basa en medios para la estimación de la RoT después, por ejemplo, del blanqueamiento de interferencias, es decir, la medición de la carga relacionada con la cobertura. Esa parte de la invención da a conocer algoritmos para la estimación de la potencia de código por usuario, según se observa después del blanqueamiento de interferencias, capturando así el efecto de la IC. El procedimiento comprende además la estimación de la relación de la potencia de código de usuario con respecto a la interferencia, según se observa después del blanqueamiento de interferencias, capturando así el efecto de la IC. El procedimiento comprende también una estimación del factor de escala del ruido de fondo por usuario, según se observa después del blanqueamiento de interferencias. Además, se proporciona la estimación de la RoT por usuario, según se observa después del blanqueamiento de interferencias, de manera que se captura así el efecto de la IC, usando la estimación de la potencia del canal por usuario, la estimación de la relación de la potencia de código de usuario con respecto a la interferencia por cada usuario y el factor de escala del ruido de fondo por usuario. Se obtiene la estimación de la carga (enlace ascendente) por célula, según se observa después del blanqueamiento de interferencias, de manera que se captura así el efecto de la IC (y la SIC), usando las estimaciones de potencia del canal por usuario, las estimaciones de la señal con respecto a la interferencia por usuario, los factores de escala por usuario y las estimaciones de la RoT por usuario.

- 35 Con el fin de proporcionar además una nueva medición de carga adecuada con fines de estabilidad de las células en presencia de la funcionalidad de IC, se proporcionan medios adicionales para el cálculo de potencias de interferencia de células vecinas, para cada usuario después del blanqueamiento de interferencias. Se obtiene una nueva medición del aumento de ruido, diferente de la RoT, que va dirigida directamente a la estabilidad de las células, para cada usuario después del blanqueamiento de interferencias GRAKE+. Se proporcionan medios para un cálculo de baja complejidad de la nueva medición del aumento de ruido, para cada usuario después del blanqueamiento de interferencias. El cálculo se realiza a partir de la medición de la RoT descrita en la presente anteriormente. Se proporcionan las potencias de interferencia de células vecinas y una estimación de la potencia del ruido térmico de fondo. Finalmente, se proporcionan unos medios de combinación, que calculan una medición de la carga de estabilidad de la célula para el enlace ascendente de una célula EUL, después del blanqueamiento de interferencias. Una propiedad adicional de la invención es que no requiere ninguna medición adicional en el nivel de banda base.

Con la presente invención, está disponible la valoración de la carga directamente relacionada con la estabilidad de las células.

- 50 La presente invención se refiere a disposiciones y métodos en sistemas de comunicaciones inalámbricas. La Fig. 1 ilustra una vista esquemática de una realización de un sistema 150 de comunicaciones inalámbricas del tipo mencionado. Una estación base 160 de radiocomunicaciones se comunica por medio de su antena/antenas 39 con una multitud de equipos de usuario (UE) 170 situados dentro de una célula 151 del sistema 150 de comunicaciones

inalámbricas. Las señales de radiocomunicaciones transmitidas desde la RBS 160 a los UEs 170 se indican como señales 181 de enlace descendente, y las señales de radiocomunicaciones transmitidas desde los UEs 170 a la RBS 160 se indican como señales 180 de enlace ascendente. Esta invención considera principalmente las señales de enlace ascendente, por lo que las disposiciones para la estimación del aumento de ruido típicamente se proporcionan en la RBS 160. Además de las señales 180 de enlace ascendente intencionadas, la RBS 160 también recibe señales interferentes 183.

Para entender los problemas solucionados y las ventajas de la presente invención, se presenta en primer lugar un breve resumen de principios de estimación de carga, formando parte de la técnica anterior algunos de ellos. Sin la IC, la carga en un conector de antena viene dada por el aumento de ruido, típicamente la elevación sobre el ruido térmico (RoT),  $RoT(t)$ , definida por:

$$RoT(t) = \frac{RTWP(t)}{N(t)}, \quad (2)$$

en donde  $N(t)$  es el nivel de ruido térmico medido en el conector de la antena. Queda por definir lo que pretender significar con  $RTWP(t)$ . Esta medición relativa no se ve afectada por ninguna demodulación de ensanchamiento aplicada. La definición utilizada en la presente es simplemente la potencia de banda ancha total:

$$RTWP(t) = \sum_{k=1}^K P_k(t) + I^N(t) + N(t), \quad (3)$$

medida también en el conector de antena. En este caso  $I^N(t)$  indica la potencia que se recibe de células vecinas ( $N$ ) del sistema de comunicaciones. En ese término se puede incluir también cualquier potencia de fuentes externas. Tal como se observará posteriormente, la dificultad principal de cualquier algoritmo de estimación de la RoT es separar la potencia de ruido térmico con respecto a la interferencia de células vecinas.

Otro problema específico que es necesario afrontar cuando se determina la carga es que los puntos de referencia de la señal se encuentran, por definición, en el conector de antena. No obstante, las mediciones se obtienen después de la cadena de acondicionamiento de la señal analógica, en el receptor digital. La cadena de acondicionamiento de la señal analógica introduce efectivamente un error de factor de escala de aproximadamente 1 dB (1-sigma) que es difícil de compensar. Afortunadamente, todas las potencias de (3) se ven afectadas igualmente por el error de factor de escala por lo que cuando se calcula (2), el error del factor de escala se cancela de la siguiente manera

$$RoT^{ReceptorDigital}(t) = \frac{RTWP^{ReceptorDigital}(t)}{N^{ReceptorDigital}(t)} = \frac{\gamma(t) RTWP^{Antena}(t)}{\gamma(t) N^{Antena}(t)} = RoT^{Antena}(t). \quad (4)$$

Para entender el problema fundamental de la interferencia de células vecinas cuando se realiza la estimación de carga, obsérvese que

$$I^N(t) + N(t) = E[I^N(t)] + E[N(t)] + \Delta I^N(t) + \Delta N(t), \quad (5)$$

donde  $E[\ ]$  indica esperanza matemática y donde  $\Delta$  indica la variación en torno a la media. El problema fundamental puede verse ahora claramente. Puesto que no hay mediciones disponibles en la RBS que están relacionadas con la interferencia de células vecinas, una operación de filtrado lineal puede estimar, en el mejor de los casos, la suma  $E[I^N(t)] + E[N(t)]$ . Esta estimación no se puede utilizar para deducir el valor de  $E[N(t)]$ . La situación es la misma que cuando está disponible la suma de dos números. Entonces no hay forma de averiguar los valores de los números individuales. Esta cuestión se analiza rigurosamente para el problema de estimación de la RoT en la solicitud de patente internacional publicada WO 2007/024166, donde se demuestra que la potencia de ruido de fondo no es observable matemáticamente.

En la Fig. 2 se representa una realización del algoritmo de estimación de la RoT actualmente en uso. El mismo se describe detalladamente en la solicitud de patente internacional publicada WO 2007/024166. El algoritmo estima la RoT, según proporciona el punto (2). El principal problema solucionado por el algoritmo de estimación es la estimación precisa del ruido térmico de fondo  $N(t)$ . Puesto que no es posible obtener estimaciones exactas de esta cantidad debido a la interferencia de células vecinas, el módulo de estimación aplica por lo tanto una aproximación, mediante consideración del mínimo suave calculado sobre una ventana relativamente larga en el tiempo.

En particular, a una disposición 110 para la estimación del aumento de ruido en un sistema de comunicaciones inalámbricas se le suministran mediciones 120 de la RTWP. Las mediciones 120 de la RTWP se utilizan en un filtro Kalman 112 para producir estimaciones filtradas 122 de la RTWP así como funciones 124 de densidad de probabilidad de la RTWP. Estas funciones 124 de densidad de probabilidad se proporcionan a un módulo 114 de estimación de ruido de fondo, en el cual se proporcionan estimaciones 128 del ruido de fondo con conocimiento de

una distribución previa 126 del ruido de fondo. El módulo 114 de estimación de ruido de fondo funciona preferentemente con un algoritmo de ventana deslizante. Las estimaciones 128 de ruido de fondo y las estimaciones filtradas 122 de la RTWP se proporcionan a un módulo 116 de determinación de aumento del ruido, produciendo una salida de una medición del aumento del ruido, en esta realización un valor 130 de RoT.

- 5 Es importante entender que esta estimación se basa en el hecho de que el ruido de fondo es constante durante períodos muy largos de tiempo (ignorando la pequeña deriva de temperatura).

El algoritmo de ventana deslizante de la sección anterior tiene la desventaja de requerir una gran cantidad de memoria de almacenamiento. Esto resulta especialmente problemático en el caso de que se necesite un gran número de instancias del algoritmo, como puede ocurrir cuando se introduce la IC en el enlace ascendente. Para reducir el consumo de memoria, en la solicitud de patente internacional publicada WO 2007/0055626 se da a conocer un algoritmo recursivo. Este algoritmo reduce los requisitos de memoria del esquema de ventana deslizante descrito anteriormente, por lo menos en un factor de 100. La invención dada a conocer en la presente es aplicable tanto en el algoritmo de estimación de la RoT de ventana deslizante como en el algoritmo recursivo.

15 Ya existen sistemas sin IC con algoritmos de estimación de la carga orientada a la estabilidad de las células. Dicha funcionalidad de estimación de la carga de estabilidad de las células aprovecha factores de carga para cada usuario. En su forma más sencilla, los factores de carga vienen dados por:

$$L_u = \frac{P_u}{RTWP} = \frac{(C/I)_u}{1 + (C/I)_u}, \quad u = 1, \dots, U, \quad (6)$$

donde  $P_u$  es la potencia del usuario  $u$ . Los factores de carga a continuación se suman, para cada usuario con potencia controlada. De este modo la interferencia de células vecinas no se incluye en la medición de carga resultante. Esto es razonable ya que la interferencia de células vecinas no debería afectar al bucle de control de potencia de la propia célula, por lo menos no cuando se consideran efectos de primer orden.

La Fig. 3 ilustra esquemáticamente la disposición 110 para la estimación del aumento de ruido en relación con la cadena del receptor. Una antena 100 recibe señales electromagnéticas y da origen a una señal analógica recibida 101, que se proporciona a un receptor digital 102. El receptor digital 102 proporciona un flujo continuo de señales digitales 103 representativas de las señales analógicas, aunque, tal como se ha mencionado anteriormente, modificadas con un cierto factor de escala. Una unidad 109 de medición está conectada al flujo continuo de señales digitales 103 y realiza mediciones de potencias totales recibidas 120 de banda ancha, que se entregan a la disposición 110 para la estimación del aumento de ruido.

Tal como se ha mencionado en la sección de antecedentes, con frecuencia se usan diferentes métodos de cancelación de interferencias basados en la regeneración y resta. Esto se ilustra esquemáticamente en la Fig. 4. El flujo continuo de señales digitales 103 se suministra a un cancelador 104 de interferencias, en donde se eliminan señales no destinadas a un usuario particular. Una señal digital 105 con interferencias canceladas destinada a un usuario particular se proporciona como salida. Tal como también se ha mencionado antes, la estimación de la carga se puede aplicar también a dicha señal digital 105 con interferencias canceladas, en donde la medición de la RTWP medida se refiere a la señal digital después de la cancelación de interferencias. Para la IC con regeneración y resta no se produce ningún cambio del factor de escala para la potencia de ruido térmico de fondo. La consecuencia es que los algoritmos de estimación de la RoT se pueden seguir aplicando en este caso, puesto que se estima un nivel de potencia de ruido constante.

Es importante observar que el efecto de este procedimiento es diferente para usuarios diferentes, puesto que una fuente de interferencia es un usuario en sí misma. La consecuencia para la estimación de la carga es que ya no hay una manera uniforme de vigilar la interferencia del enlace ascendente WCDMA. La carga, en cambio, se vuelve individual para cada usuario. Por lo tanto, la combinación de la interferencia de usuario para la carga de una célula de enlace ascendente general ya no es trivial.

Los problemas con soluciones existentes, conocidas en la técnica anterior, es que las mediciones de la carga, en particular mediciones de carga que van dirigidas directamente a la estabilidad de las células, después del blanqueamiento de interferencias GRAKE+, no están disponibles, lo cual afecta negativamente al rendimiento del planificador de EUL. Tampoco hay disponibles medios para el cálculo de mediciones de carga que van dirigidas a la estabilidad de las células, después del blanqueamiento de interferencias GRAKE+ para cada usuario. Asimismo, no hay disponibles medios de combinación, que combinen las mediciones de carga, después del blanqueamiento de interferencias GRAKE+ para cada usuario, en una única medición de carga para el enlace ascendente de la célula.

La presente invención proporciona soluciones en las que estimaciones de carga reflejan la interferencia reducida experimentada por usuarios que aprovechan receptores de blanqueamiento de interferencias. Se puede estimar la carga de un solo usuario particular que saque provecho del GRAKE, el GRAKE+ o el ecualizador segmentos. Además, las estimaciones de carga individuales se pueden combinar en una estimación de la carga para la célula completa. Adicionalmente, se proporciona una medición de carga que valora directamente la estabilidad de las

células después de un procesado GRAKE+.

La descripción de la presente invención se centra en el GRAKE+. No obstante, también los sistemas que utilizan el GRAKE o equalizadores de segmentos se pueden configurar de una manera similar.

5 La invención da a conocer una nueva medición para la estimación de la carga que refleja la ganancia adicional de la IC del receptor GRAKE+. La medición de carga nueva tiene como objetivo complementar una medición previa de la carga de la elevación sobre el ruido térmico, abordando directamente la estabilidad de las células. Además, la invención da a conocer medios para calcular la interferencia de células vecinas después del procesado GRAKE+, y para combinar dicha interferencia de células vecinas con dicha medición de la RoT y una potencia de ruido de fondo estimada de acuerdo con la técnica anterior, obteniendo de este modo dicha medición de carga nueva que aborda  
10 directamente la estabilidad de las células. Una propiedad adicional de la invención es que no requiere ninguna medición adicional en el nivel de la banda base.

Una parte importante de la presente invención es una medición de carga que valora directamente la estabilidad de las células después del procesado GRAKE+. Tal como se ha mencionado anteriormente la RoT es una medición de la carga general en sistemas CDMA. Puesto que incluye la interferencia de células vecinas, captura, por ejemplo, efectos de cobertura de cambios de carga. Sin embargo, en ocasiones es deseable tener acceso a mediciones de carga que valoran directamente solo la estabilidad de la célula de servicio. Debe definirse una medición que haga frente a esta necesidad. Para lograr este objetivo se puede observar que, en el funcionamiento normal, la estabilidad de las células de enlace ascendente se ve afectada principalmente por las potencias que están bajo el control de potencia de bucle interno, por la RBS. No obstante, esto no es totalmente así, recordando que los bucles del control de potencia de bucle interno son no lineales y, además, están unidos, y por lo tanto no se puede garantizar fácilmente que incrementos elevados de la potencia de células vecinas no puedan afectar a la estabilidad de las células después de todo. Dicho de otra manera, la estabilidad de las células está unida a la viabilidad que, bajo ciertas condiciones, está vinculada también a la RoT.

Parte de esto se puede ilustrar esquemáticamente mediante los diagramas de las Figs. 5A y 5B. En la Fig. 5A una potencia total  $RTWP(t)$  en la parte izquierda de la figura se divide de acuerdo con el punto (3) en el ruido térmico  $N(t)$ , la interferencia de células vecinas  $I^v(t)$  y las potencias de señal  $\sum_{k=1}^K P_k(t)$ . Si se pretende planificar una carga adicional  $P^*(t)$ , el control de potencia de bucle interno influirá en las potencias de señal de la propia RBS y el resultado será la situación de potencia de la parte derecha de la figura. En la Fig. 5B, la potencia total  $RTWP(t)$  y el ruido térmico  $N(t)$  son iguales y por lo tanto la medición de la RoT. Sin embargo, puesto que una parte más pequeña de la potencia total se ve afectada por el control de potencia de bucle interno, la situación final, en la parte derecha de la figura, será diferente del caso de la Fig. 5A. Por lo tanto, la RoT no será siempre una medición apropiada en la cual basar la planificación de la estabilidad. Resulta altamente interesante una medición de la carga que valore directamente la estabilidad de las células después del procesado GRAKE+.

No obstante, la argumentación sobre esto está algo idealizada. En primer lugar, el análisis de viabilidad se basa normalmente en las suposiciones de que el enlace ascendente es compartido por un número relativamente grande de usuarios, lo cual permite que las fuentes de interferencia se traten como fuentes de ruido. En segundo lugar, la elevación sobre el ruido térmico después del procesado GRAKE+ es una medición individual para cada usuario – no hay disponible ninguna prueba formal sobre su relación precisa con la carga de células de enlace ascendente y la cuestión de la estabilidad de las células. Por esta razón, parece razonable abordar también otras mediciones distintas de la RoT.

Con el fin de obtener una medición del aumento del ruido adecuado para fines de control de la estabilidad, la interferencia de células vecinas se puede restar de la RoT para cada usuario, después del procesado GRAKE+. Una medición del aumento del ruido de este tipo es por lo tanto válida para cada usuario, después del procesado GRAKE+.

45 Las estimaciones de carga que reflejan la interferencia reducida experimentada por usuarios que aprovechan receptores de blanqueamiento de interferencias se pueden obtener estimando la señal recibida y aprovechando resultados del proceso GRAKE mediante operaciones de matrices-vectores con el fin de escalar la estimación del ruido de fondo a la influencia del proceso de blanqueamiento de interferencias. Desafortunadamente, estas operaciones requieren un poder de cálculo bastante grande, motivo por el cual dicha solución puede resultar inapropiada para aplicaciones con un poder de cálculo disponible limitado. De acuerdo con la presente invención, solamente es necesario el cálculo de productos internos, lo cual limita significativamente la complejidad de cálculo requerida, posiblemente del orden de por lo menos diez veces.

El presente planteamiento utiliza la estimación en el punto en el que están disponibles las "estadísticas suficientes" (métrica de rendimiento) que se usan para la decodificación. Estadísticas suficientes se refiere al conocimiento exacto de las funciones de distribución de probabilidad de un proceso estocástico, con el tiempo. Un proceso estocástico gaussiano queda definido completamente, por ejemplo, por su valor de media y la matriz de covarianza, las dos en función del tiempo - no es necesaria ninguna otra información para escribir las funciones de distribución de probabilidad de dicho proceso estocástico gaussiano. En el caso del receptor G-rake +, dichas estadísticas suficientes están disponibles después del blanqueamiento de interferencias tal como se describe de forma adicional

más adelante.

Se aplica una técnica de retrotransformación matemática, permitiendo que la interferencia se exprese utilizando la relación de señal/interferencia que de todos modos se estima en la banda base. Esto reduce las necesidades de estimación de banda base a la propia potencia de "métrica de rendimiento" del usuario, evitando la necesidad de estimar la interferencia, tal como la ve cada usuario después del procesado de blanqueamiento de interferencias. Esto da como resultado una complejidad de cálculo muy baja. También se lleva a cabo un cálculo de factores de compensación, para escalar la potencia de ruido térmico de fondo con respecto al punto de la señal de "estadísticas suficientes", estimándose dicha potencia de ruido térmico de fondo con planteamientos de la técnica anterior. Este cálculo de factores de compensación presenta también una baja complejidad de cálculo.

En la Fig. 6 se ilustra esquemáticamente una realización de una disposición 10 para la estimación del aumento de ruido en un sistema de comunicaciones inalámbricas. La disposición 10 para la estimación del aumento de ruido comprende un receptor digital 12, un módulo 14 de blanqueamiento de interferencias y un procesador 20. El módulo 14 de blanqueamiento de interferencias está conectado al receptor digital 12 para la recepción de señales digitales desde el mismo. El módulo 14 de blanqueamiento de interferencias se basa en general en uno del GRAKE, el GRAKE+ y el ecualizador de segmentos, y, en esta realización particular, en el GRAKE+. El módulo 14 de blanqueamiento de interferencias está destinado a proporcionar blanqueamiento de interferencias para una pluralidad de usuarios en una salida, proporcionando señales digitales 44 con interferencias blanqueadas.

El procesador 20 está conectado al receptor digital 12 y a la salida del módulo 14 de blanqueamiento de interferencias. El procesador 20 tiene un medidor 22 de potencia, dispuesto para la medición de la potencia recibida total 46 de banda ancha de las señales 42 recibidas en el receptor digital 12 una pluralidad de veces. Estas potencias totales recibidas medidas 46 de banda ancha se proporcionan en una salida del medidor 22 de potencia. El medidor 22 de potencia está dispuesto además para generar una medición de una potencia 45 de célula propia una pluralidad de veces. Estas mediciones generadas de una potencia 45 de célula propia se proporcionan también en una salida del medidor 22 de potencia.

El procesador 20 tiene adicionalmente un módulo 24 de estimación de ruido de fondo conectado a la salida del medidor 22 de potencia. El módulo 24 de estimación de ruido de fondo está dispuesto para calcular una estimación de una medición del ruido de fondo  $N$  48 sobre la base de por lo menos una serie de las potencias totales recibidas medidas 46 de banda ancha y mediciones generadas de una potencia 45 de célula propia.

Además del módulo 24 de estimación de ruido de fondo, el procesador 20 tiene un módulo 25 de estimación de interferencias vecinas conectado a la salida del medidor 22 de potencia y al módulo 24 de estimación de ruido de fondo. El módulo 25 de estimación de interferencias vecinas está configurado para calcular una estimación de una potencia de interferencia de células vecinas para usuarios individuales de la pluralidad de usuarios sobre la base de por lo menos una serie de las potencias totales recibidas medidas de banda ancha y mediciones generadas de una potencia de célula propia.

En la presente realización, el procesador también comprende un segundo medidor 30 de potencia que está conectado de manera que es sensible a señales digitales 44 con interferencias blanqueadas obtenidas a la salida del módulo 14 de blanqueamiento de interferencias. En este segundo medidor 30 de potencia, se determina una potencia de señal útil  $S_u^*$  56 para cada usuario de la pluralidad de usuarios, según se define después del blanqueamiento de interferencias.

El procesador 20 está además dispuesto para calcular una medición del aumento del ruido para usuarios individuales, teniendo en cuenta el efecto del blanqueamiento de interferencias. Para esta tarea se requieren varios factores de entrada. Durante el proceso de blanqueamiento de interferencias, se obtienen pesos de combinación  $w_u$ , véase, por ejemplo, la ecuación (1).

Estos pesos de combinación  $w_u$  50 se suministran a una sección 26 de cálculo de factores de compensación del procesador 20. Tal como se describirá de forma más detallada posteriormente, un factor de compensación de ruido de fondo  $\kappa_u$  52 para un usuario  $u$  se deduce preferentemente como el producto de una matriz transpuesta conjugada de los pesos de combinación  $w_u$  50 y los propios pesos de combinación  $w_u$  50 si se puede aceptar una aproximación para la potencia de ruido blanco de fondo. Este es el caso de la realización ilustrada. Alternativamente, si se debe tener en cuenta una potencia de ruido coloreado de fondo, el factor de compensación del ruido de fondo  $\kappa_u$  52 para el usuario  $u$  se deduce como la traza del producto de una matriz transpuesta conjugada de los pesos de combinación  $w_u$  50, una matriz de covarianza de ruido térmico que representa la correlación debida a la forma espectral del canal de banda ancha completo y los propios pesos de combinación  $w_u$  50 divididos por la traza de la matriz de covarianza. La matriz de covarianza de ruido térmico que representa la correlación debida a la forma espectral del canal de banda ancha completo también se puede obtener a partir del proceso de blanqueamiento de interferencias.

El procesador 20 de la presente realización comprende también una sección 31 de obtención de mediciones de relación de interferencia. Esta sección 31 de obtención de mediciones de relación de interferencia está dispuesta para obtener una medición de una relación 2 de potencia de código con respecto a interferencia. La medición de la

relación de la potencia de código con respecto a la interferencia es preferentemente C/I o SINR, y en la presente realización se utiliza una medición 57 de  $SINR_{u_i}^{C/I}$ . Tal como se explica más adelante, una medición de C/I se puede convertir en una medición de SINR y viceversa. En muchas aplicaciones, la SINR se calcula ya en otro lugar en el sistema receptor, y en dichas realizaciones alternativas, la medición de la relación de interferencia real se deduce en una sección externa, tal como se indica con el recuadro 32 de línea de trazos, y la sección 31 de obtención de mediciones de relación de interferencia se reduce entonces simplemente a unos medios adaptados para recibir información sobre de dicha medición.

El procesador 20 comprende además un módulo 28 de cálculo de aumento de ruido. En este módulo 28 de cálculo de aumento de ruido se calcula una medición del aumento de ruido  $NR_u$  para un usuario específico  $u$  basándose por lo menos en la potencia de la señal útil  $S_{u_i}^{S+}$  56 para el usuario en cuestión después del blanqueamiento de interferencias, el factor de compensación de ruido de fondo del usuario en cuestión  $\kappa_u$  52, la medición de la relación de la potencia de código con respecto a la interferencia  $SINR_{u_i}^{C/I}$  57 para el usuario en cuestión, la potencia estimada 47 de interferencia de células vecinas  $\hat{I}_{u,i}$  y la medición del ruido de fondo  $\hat{N}$  48. Consecuentemente, el módulo 28 de cálculo de aumento del ruido se conecta por lo tanto a la sección 26 de cálculo de factores de compensación, el segundo medidor 30 de potencia y la sección 31 de obtención de mediciones de relación de interferencia y por supuesto al módulo 24 de estimación de ruido de fondo y al módulo 25 de estimación de interferencias vecinas. La sección 26 de cálculo de factores de compensación preferentemente está integrada junto con el módulo 28 de cálculo de aumento del ruido, formando un módulo 72 de estimación de carga. Tal como se explicará de forma más detallada posteriormente, la medición del aumento del ruido  $NR_u$  para un primer usuario  $u$  se calcula preferentemente como la potencia de señal útil  $S_{u_i}^{S+}$  56 para el primer usuario después del blanqueamiento de interferencias dividida por el producto del factor de compensación del ruido de fondo de usuario  $\kappa_u$  52 y la medición del ruido de fondo  $\hat{N}$  48 y multiplicada por un factor que depende del inverso de la medición de la relación de la potencia de código con respecto a la interferencia  $SINR_{u_i}^{C/I}$  57 para el primer usuario.

En esta realización, las diferentes funcionalidades del procesador 20 se ilustran como unidades parciales independientes. Sin embargo, cualquier persona versada en la técnica observará que las funcionalidades se pueden configurar y materializar de diferentes maneras, por separado o integradas, en su totalidad o parcialmente. Las unidades parciales asociadas a las diferentes funcionalidades deben considerarse solo por lo tanto como unidades independientes en cuanto a su funcionalidad.

En esta realización, la disposición 10 para la estimación del aumento de ruido está dispuesta además para definir una medición del aumento de ruido del sistema. El procesador 20 está dispuesto por lo tanto para repetir las operaciones con el fin de lograr una medición del aumento de ruido específica de usuario para una pluralidad de usuarios. El procesador 20 comprende, además, un módulo 34 de definición del aumento de ruido del sistema, conectado al módulo 32 de cálculo de aumento de ruido. El módulo 34 de definición del aumento de ruido del sistema está dispuesto para definir una medición 60 del aumento de ruido del sistema sobre la base de las mediciones 58 de aumento del ruido para la pluralidad de usuarios. Más adelante se presentan detalles de procedimientos preferidos para obtener la medición 60 del aumento de ruido del sistema.

La disposición 10 de estimación de aumento del ruido en una realización típica se proporciona en un planificador de carga de un sistema de comunicaciones inalámbricas. Dicho planificador de carga está configurado preferentemente para planificar carga de enlace ascendente en el sistema de comunicaciones inalámbricas sobre la base de la medición estimada del aumento del ruido. El planificador de carga y/o la disposición 10 de estimación de aumento del ruido están comprendidos típicamente en una estación base de un sistema de comunicaciones inalámbricas, por ejemplo, tal como se ilustra en la Fig. 1.

En la Fig. 7, se ilustra un diagrama de flujo de una realización de un método de acuerdo con la presente invención. El método para la estimación del aumento de ruido en un sistema de comunicaciones inalámbricas comienza en la etapa 200. En la etapa 210, se mide una pluralidad de veces potencia total recibida de banda ancha. En la etapa 212, se genera una medición de una potencia de célula propia célula una pluralidad de veces. En la etapa 214 se calcula una estimación de una medición del ruido de fondo sobre la base de por lo menos varias de las potencias totales recibidas medidas de banda ancha y mediciones generadas de una potencia de célula propia. En la etapa 216 se estima una potencia de interferencia de células vecinas para un primer usuario, sobre la base de por lo menos varias de las potencias totales recibidas medidas de banda ancha y de mediciones generadas de una potencia de célula propia.

En la etapa 220, se lleva a cabo un blanqueamiento de interferencias sobre la base de una de las técnicas GRAKE, GRAKE+ y ecualizador de segmentos para por lo menos un primer usuario. La etapa 220 se puede realizar antes, después o de forma parcial o completamente simultánea con cualquiera de las etapas 210 a 216. En la etapa 222, se determina una potencia de señal útil para por lo menos el primer usuario después del blanqueamiento de interferencias.

En la etapa 224, la cual se puede llevar a cabo de forma independiente con respecto a la etapa 222, se deduce un factor de compensación del ruido de fondo de usuario para por lo menos el primer usuario sobre la base de pesos de combinación para el usuario respectivo utilizados durante el blanqueamiento de interferencias. En una realización, el primer factor de compensación del ruido de fondo de usuario se deduce como el producto de una matriz transpuesta

5 conjugada de los pesos de combinación y los propios pesos de combinación. Esto se prefiere como una aproximación para una potencia de ruido blanco de fondo. En otra realización, el primer factor de compensación del ruido de fondo de usuario se deduce como la traza del producto de una matriz transpuesta conjugada de los pesos de combinación, una matriz de covarianza de ruido térmico que representa la correlación debida a la forma espectral del canal de banda ancha completo y los pesos de combinación divididos por la traza de la matriz de covarianza. Esto se prefiere como una aproximación para una potencia de ruido coloreado de fondo.

En la etapa 226 se obtiene una medición de la relación de la potencia de código con respecto a la interferencia para por lo menos el primer usuario. La medición de la relación de la potencia de código con respecto a la interferencia es preferentemente C/I o SINR.

10 En la etapa 230, se calcula una medición del aumento de ruido para el primer usuario basándose por lo menos en la potencia de señal útil para el primer usuario después del blanqueamiento de interferencias, el primer factor de compensación del ruido de fondo de usuario, la medición de la relación de la potencia de código con respecto a la interferencia para el primer usuario, la potencia de interferencia de células vecinas estimada y la medición del ruido de fondo. Preferentemente, la medición del aumento de ruido para el primer usuario se calcula como la RoT del primer usuario menos una relación entre la interferencia de células vecinas y la medición del ruido de fondo. La RoT se calcula a su vez como la potencia de la señal útil para el primer usuario después del blanqueamiento de interferencias dividida por el producto del factor de compensación del ruido de fondo de usuario y la medición del ruido de fondo y multiplicada por un factor que depende del inverso de la medición de la relación de la potencia de código con respecto a la interferencia para el primer usuario.

20 En la etapa 240, las etapas anteriores específicas de usuario de realización 220, determinación 222, deducción 224, obtención 226 y cálculo 230 se repiten para una pluralidad de usuarios. En la etapa 242 se define una medición del aumento de ruido del sistema sobre la base de las mediciones de aumento de ruido para la pluralidad de usuarios. En una realización, la medición de aumento de ruido del sistema se define como una medición máxima de aumento de ruido de las mediciones de aumento de ruido para la pluralidad de usuarios. En otra realización, la medición de aumento de ruido del sistema se define como una medición promedio de aumento de ruido de las mediciones de aumento de ruido para la pluralidad de usuarios. Todavía en otra realización, la medición del aumento de ruido del sistema se define como correspondiente a un porcentaje pre-seleccionado de las mediciones de aumento de ruido para la pluralidad de usuarios.

El procedimiento finaliza en la etapa 299.

30 El procedimiento de la Fig. 7 es típicamente parte de un método para la planificación de la carga en un sistema de comunicaciones inalámbricas. Además de la estimación de una medición del aumento del ruido, el método comprende además la planificación de carga de enlace ascendente en el sistema de comunicaciones inalámbricas sobre la base de la medición estimada del aumento de ruido.

35 Se presenta a continuación en este documento una realización detallada basada en el GRAKE+ de la presente invención en términos más matemáticos.

Medición de la carga después de una IC en el GRAKE+ y ecualizadores de segmentos

Para observar cómo se puede estimar la carga teniendo en cuenta la ganancia de IC del GRAKE+, se estudian las potencias después de la combinación de pesos en un nivel de estadísticas suficientes. En primer lugar, se supone que la señal recibida de usuario  $u$  en el código  $k \in \Omega_u$  es

$$40 \quad \mathbf{y}_{u,k} = \mathbf{h}_u s_{u,k} + \mathbf{I}_{u,k} + \mathbf{N}_{u,k}, \quad u = 1, \dots, U, \quad k = 1, \dots, K \quad (7)$$

donde  $\Omega_u$  indica el conjunto de códigos para el usuario  $u$ ,  $s_{u,k}$ ,  $u = 1, \dots, U$ ,  $k = 1, \dots, K$ , es la señal,  $\mathbf{I}_{u,k}$ ,  $u = 1, \dots, U$ ,  $k = 1, \dots, K$ , es la interferencia y  $\mathbf{N}_{u,k}$ ,  $u = 1, \dots, U$ ,  $k = 1, \dots, K$ , es la señal (no potencia) de ruido (térmico) y  $\hat{\mathbf{h}}_u$ ,  $u = 1, \dots, U$ , es la respuesta de canal neta de usuario  $u$ . El GRAKE+ lleva a cabo entonces una combinación de pesos para obtener las estadísticas suficientes  $\hat{\mathbf{z}}_{u,k}^{G+}$  de acuerdo con las ecuaciones:

$$\hat{\mathbf{z}}_{u,k}^{G+} = \hat{\mathbf{w}}_u^H \mathbf{y}_{u,k} = \hat{\mathbf{w}}_u^H \hat{\mathbf{h}}_u s_{u,k} + \hat{\mathbf{w}}_u^H \mathbf{I}_{u,k} + \hat{\mathbf{w}}_u^H \mathbf{N}_{u,k}, \quad u = 1, \dots, U, \quad k = 1, \dots, K. \quad (8)$$

$$45 \quad \hat{\mathbf{R}}_u \hat{\mathbf{w}}_u = \hat{\mathbf{h}}_u, \quad u = 1, \dots, U \quad (9)$$

En la presente  $\hat{\mathbf{w}}_u$  son los pesos de combinación del GRAKE+, mientras que la matriz de covarianza estimada que modela la interferencia para el cálculo de los pesos de combinación para los usuarios  $u$  viene dada por  $\hat{\mathbf{R}}_u$ . Las ecuaciones (8) y (9) tienen dos implicaciones principales; una que indica cómo se pueden realizar mediciones de potencia y otra que indica el problema del factor de escala que se aborda a continuación.

Usando la ecuación (8) se puede observar que el efecto de la combinación de pesos GRAKE+ es el mismo que si se procesara una señal recibida artificial  $\mathbf{z}_{u,k}^{G+}$ . Puesto que estas señales reflejan evidentemente la combinación de pesos y por lo tanto las ganancias de CI del receptor GRAKE+, se cree que  $\mathbf{z}_{u,k}^{G+}$   $u = 1, \dots, U, k = 1, \dots, K$ , es un punto de partida pertinente para la estimación de la carga.

5 Tal como se ha indicado anteriormente, el módulo de estimación de carga funciona procesando la RTWP y preferentemente también la RSEPS. Por esta razón, es necesario formar señales de potencia similares a partir de  $\mathbf{z}_{u,k}^{G+}$ ,  $u = 1, \dots, U, k = 1, \dots, K$ , con el fin de reutilizar el concepto de carga aplicado sin IC. Actualmente no está totalmente claro si el planteamiento propuesto de reutilizar el concepto de carga aplicado sin IC es preciso u óptimo.

De hecho, la potencia planificada recibida de enlace ascendente mejorado (RSEPS) constituye una parte de la suma antes mencionada de potencias de código  $\sum_{i=1}^n P_i^{\text{Código}}(t)$ . Matemáticamente, se puede expresar como:

$$\sum_{i=1}^n P_i^{\text{Código}}(t) = RSEPS + P^{Voz} \quad (10)$$

donde  $P^{Voz}$  representa transmisiones que no utilizan capacidades de enlace ascendente mejorado, y comprende en gran medida transmisiones "normales" de voz. Las transmisiones de enlace ascendente mejorado pueden tener propiedades de carga alta y uniforme sobre la potencia de transmisión. Por el contrario, las transmisiones de voz son típicamente de naturaleza por ráfagas. Incluso con altas cargas de transmisión de voz, hay casos en los que la contribución instantánea a la potencia total de una célula es baja.

La razón por la que la RSEPS es útil y se hace referencia a la misma en la presente es que se trata de potencia que agrupa toda la potencia planificada medida de EUL en un informe de medición. Por supuesto, se basa en mediciones individuales de potencia de código. La razón por la que es fundamental es que el RNC puede usarla para el control de admisión puesto que la RSEPS se señala sobre la lub. Cuando el GRAKE+ está disponible, sería la RSEPS experimentada después del procesado GRAKE+ la que resultaría ser la magnitud interesante para el control de admisión.

Potencias de usuario asociadas a las estadísticas suficientes del GRAKE+

La elevación de (8) al cuadrado y la suposición de un bajo grado de correlación entre sus tres términos, conduce a:

$$\begin{aligned} |\hat{z}_{u,k}^{G+}|^2 &\approx \hat{\mathbf{w}}_u^H \hat{\mathbf{h}}_u \hat{\mathbf{h}}_u^H \hat{\mathbf{w}}_u |s_{u,k}|^2 + \hat{\mathbf{w}}_u^H \mathbf{I}_{u,k} \mathbf{I}_{u,k}^H \hat{\mathbf{w}}_u + \hat{\mathbf{w}}_u^H \mathbf{N}_{u,k} \mathbf{N}_{u,k}^H \hat{\mathbf{w}}_u \equiv S_{u,k}^{G+} + I_{u,k}^{G+} + N_{u,k}^{G+}, \\ u &= 1, \dots, U, \quad k = 1, \dots, K. \end{aligned} \quad (11)$$

En este caso,  $S_{u,k}^{G+}$  es la potencia de señal de código útil para el usuario  $u$  después del blanqueamiento de interferencias,  $I_{u,k}^{G+}$  es la potencia de la señal de interferencia de código para el usuario  $u$  después del blanqueamiento de interferencias y  $N_{u,k}^{G+}$  es la potencia de ruido de fondo de código para el usuario  $u$  después del blanqueamiento de interferencias.

La elevación sobre el ruido térmico (2), según la observa el usuario  $u$  es en este momento, por definición

$$RoT_u^{G+} \equiv \frac{S_u^{G+} + I_u^{G+} + N_u^{G+}}{N_u^{G+}} \quad (12)$$

$$S_u^{G+} = \sum_{k \in \Omega_u} S_{u,k}^{G+} \quad (13)$$

$$I_u^{G+} = \sum_k I_{u,k}^{G+} \quad (14)$$

$$N_u^{G+} = \sum_k N_{u,k}^{G+} . \quad (15)$$

Obsérvese que no está claro cómo distinguir entre  $S_{u,k}^{G+}$ ,  $I_{u,k}^{G+}$  y  $N_{u,k}^{G+}$  para  $k \in \Omega_u$ . El algoritmo dado a conocer en la presente evita muchos de estos problemas, puesto que tanto  $I_{u,k}^{G+}$  como  $N_{u,k}^{G+}$  se calculan a partir de otras magnitudes. Obsérvese además que en (11)  $S_{u,k}^{G+} = \hat{\mathbf{w}}_u^H \hat{\mathbf{h}}_u \hat{\mathbf{h}}_u^H \hat{\mathbf{w}}_u |s_{u,k}|^2$ , es decir, la potencia se expresa comenzando con la potencia de código (transmitida)  $|s_{u,k}|^2$ . La misma magnitud  $S_{u,k}^{G+}$  también se puede expresar comenzando con la potencia de antena  $|\mathbf{e}_{u,k}|^2 = \hat{\mathbf{h}}_u^H \hat{\mathbf{h}}_u |s_{u,k}|^2$ , en cuyo caso  $S_{u,k}^{G+} = \hat{\mathbf{w}}_u^H \hat{\mathbf{w}}_u |\mathbf{e}_{u,k}|^2$ . Esta última configuración se usa en las simulaciones de enlace usadas para la validación del concepto. No obstante, el siguiente desarrollo algorítmico usa las definiciones (11) a (15).

Cálculo de la potencia de la señal útil

La potencia de la señal se calcula directamente a partir de (13). El uso de (11) y (13) da como resultado entonces:

$$S_u^{G+} = \sum_{k \in \Omega_u} S_{u,k}^{G+} = \hat{\mathbf{w}}_u^H \hat{\mathbf{h}}_u \hat{\mathbf{h}}_u^H \hat{\mathbf{w}}_u \sum_{k \in \Omega_u} |s_{u,k}|^2 = \hat{\mathbf{w}}_u^H \hat{\mathbf{h}}_u \hat{\mathbf{h}}_u^H \hat{\mathbf{w}}_u \hat{E}_{s,u} = \left| \hat{\mathbf{w}}_u^H \hat{\mathbf{h}}_u \right|^2 \hat{E}_{s,u} , \quad (16)$$

$$u = 1, \dots, U .$$

Obsérvese que el cálculo de la señal de energía  $\hat{E}_{s,u}$  es bastante complejo, incluyendo por ejemplo, los factores beta involucrados.

Cálculo de la potencia del ruido de fondo

Potencia del ruido de fondo blanco

La idea en este caso es basarse en el algoritmo de estimación de la potencia del ruido térmico de fondo utilizado en métodos de la técnica anterior, para estimar la potencia de ruido térmico de fondo antes de cualquier procesado GRAKE+. Aparece entonces un problema importante ya que el ruido térmico se escala con  $\hat{\mathbf{w}}_u$  cuando se evalúan las estadísticas suficientes. Esto significa que el nivel de potencia de ruido térmico ya no aparecerá constante.

El planteamiento adoptado en la presente para eludir este problema se basa en el cálculo del factor de compensación por el cual se escala la potencia de ruido térmico. Para calcular esta magnitud, en primer lugar obsérvese que cuando se estima la potencia del ruido térmico de fondo de banda ancha antes del procesado GRAKE+, se estima la siguiente magnitud

$$\hat{N} = \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M \sum_{k=1}^K (\mathbf{N}_{u,k}^m)^H \mathbf{N}_{u,k}^m \xrightarrow{M \rightarrow \infty} KE \left[ (\mathbf{N}_{u,k})^H \mathbf{N}_{u,k} \right] = K P_{N_{u,k}} = K \frac{1}{K} P_N = N_0 , \quad (17)$$

donde  $N_0$  es la potencia de ruido térmico de fondo, y donde  $m$  indexa el tiempo. No obstante, la potencia en el punto del procesado de la señal de estadísticas suficientes es:

$$\begin{aligned} \hat{N}^{G+} &= \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M \sum_{k=1}^K (\hat{\mathbf{w}}_u^H \mathbf{N}_{u,k}^m)^H \hat{\mathbf{w}}_u^H \mathbf{N}_{u,k}^m = \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M \sum_{k=1}^K \text{tr} \left( (\hat{\mathbf{w}}_u^H \mathbf{N}_{u,k}^m)^H \hat{\mathbf{w}}_u^H \mathbf{N}_{u,k}^m \right) \\ &= \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M \sum_{k=1}^K \text{tr} \left( \hat{\mathbf{w}}_u^H \mathbf{N}_{u,k}^m (\hat{\mathbf{w}}_u^H \mathbf{N}_{u,k}^m)^H \right) = \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M \sum_{k=1}^K \text{tr} \left( \hat{\mathbf{w}}_u^H \mathbf{N}_{u,k}^m (\mathbf{N}_{u,k}^m)^H \hat{\mathbf{w}}_u \right) \\ &= \text{tr} \left( \sum_{k=1}^K \hat{\mathbf{w}}_u^H \left( \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M \mathbf{N}_{u,k}^m (\mathbf{N}_{u,k}^m)^H \right) \hat{\mathbf{w}}_u \right) \xrightarrow{M \rightarrow \infty} \text{tr} \left( K \hat{\mathbf{w}}_u^H E \left[ \mathbf{N}_{u,k} (\mathbf{N}_{u,k})^H \right] \hat{\mathbf{w}}_u \right) \\ &= \text{tr} \left( K \hat{\mathbf{w}}_u^H (N_0 / K) \mathbf{I} \hat{\mathbf{w}}_u \right) = \hat{\mathbf{w}}_u^H \hat{\mathbf{w}}_u N_0 = \hat{\mathbf{w}}_u^H \hat{\mathbf{w}}_u \hat{N} . \end{aligned} \quad (18)$$

La conclusión es que el ruido térmico de fondo en el punto de la señal de estadísticas suficientes se puede obtener a partir de la estimación de ruido de fondo antes del procesado GRAKE+, con una multiplicación por el factor de compensación:

30

$$\kappa_u^{G+} = (\hat{\mathbf{w}}_u)^H \hat{\mathbf{w}}_u, u = 1, \dots, U. \quad (19)$$

Esto da:

$$N_u^{G+} = \kappa_u^{G+} \hat{N}, u = 1, \dots, U. \quad (20)$$

El cálculo del factor de compensación solamente requiere un producto interno adicional para cada usuario.

5 Potencia de ruido coloreado de fondo

Esta subsección describe el caso en el que el resultado de (17) se sustituye por la suposición más general:

$$\frac{1}{M} \sum_{m=1}^M \sum_{k=1}^K \mathbf{N}_{u,k}^m (\mathbf{N}_{u,k}^m)^H \xrightarrow{M \rightarrow \infty} KE[\mathbf{N}_{u,k} (\mathbf{N}_{u,k})^H] = K \frac{N_0}{K} \mathbf{R}_N = N_0 \mathbf{R}_N, \quad (21)$$

es decir, el caso en el que el muestreo es suficientemente rápido como para reflejar la forma del espectro de enlace ascendente. En este caso se deduce que (17) se transforma en:

$$\hat{N} = \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M \sum_{k=1}^K (\mathbf{N}_{u,k}^m)^H \mathbf{N}_{u,k}^m \xrightarrow{M \rightarrow \infty} KE[(\mathbf{N}_{u,k})^H \mathbf{N}_{u,k}] = Ktr(E[\mathbf{N}_{u,k} (\mathbf{N}_{u,k})^H]) = N_0 tr(\mathbf{R}_N). \quad (22)$$

10

Además, (18) se transforma en:

$$\hat{N}^{G+} = N_0 tr(\hat{\mathbf{w}}_u^H \mathbf{R}_N \hat{\mathbf{w}}_u). \quad (23)$$

El resultado final en este caso es el factor de compensación:

$$\kappa_u^{G+} = \frac{tr(\hat{\mathbf{w}}_u^H \mathbf{R}_N \hat{\mathbf{w}}_u)}{tr(\mathbf{R}_N)}. \quad (24)$$

15 Cálculo de la potencia de la señal de interferencia usando SINRs disponibles

En la posible implementación en banda base, la relación de la potencia de código con respecto a la interferencia es:

$$(C/I)_u^{G+} = \frac{S_u^{G+}}{I_u^{G+} + N_u^{G+}}, u = 1, \dots, U. \quad (25)$$

Se puede observar que en (25), todas las magnitudes excepto  $I_u^{G+}$  ya se han calculado, véanse (18) y (20). Usando estas magnitudes, (25) puede resolverse para  $I_u^{G+}$ , dando:

$$I_u^{G+} = \frac{S_u^{G+}}{(C/I)_u^{G+}} - \kappa_u^{G+} \hat{N}, u = 1, \dots, U. \quad (26)$$

20

En el procesamiento de banda base, típicamente la magnitud de  $(C/I)_u^{G+}$  no está disponible directamente. Sin embargo, puede estar directamente relacionada con la SINR que se estima en la banda base. Esto se materializa en:

$$(C/I)_u^{G+} = \frac{(\beta_{u,EDPCCH}^2 + \beta_{u,DPDCH}^2 + \alpha_{u,DPDCH} \beta_{u,EDPCCH}^2)}{\beta_{u,EDPCCH}^2 SF_{u,EDPCCH}} SINR_u^{G+} = \frac{\beta_{u,EDPCCH}^2}{SF_{u,EDPCCH}} SINR_u^{G+} \quad (27)$$

lo cual da:

$$I_u^{G+} = \frac{S_u^{G+}}{(C/I)_u^{G+}} - \kappa_u^{G+} \tilde{N} = \frac{SF_{u,EDPCCH}}{\beta_{u,eficaz}^2} \frac{S_u^{G+}}{SINR_u^{G+}} - \kappa_u^{G+} \tilde{N}. \quad (28)$$

La SINR se define como (27). Cualquier versado en la materia entiende que también se pueden usar mediciones de la relación de la potencia de código con respecto a la interferencia para calcular C/I y/o SINR con el fin de proporcionar una magnitud similar.

5 Cálculo de la elevación sobre el ruido térmico

Cuando (16), (20) y (28) se insertan en (12), el resultado final se convierte en:

$$RoT_u^{G+} \equiv \frac{S_u^{G+} + I_u^{G+} + \kappa_u^{G+} \tilde{N}}{\kappa_u^{G+} \tilde{N}} = \frac{S_u^{G+}}{\kappa_u^{G+} \tilde{N}} \left( 1 + \frac{SF_{u,EDPCCH}}{\beta_{u,eficaz}^2} \frac{1}{SINR_u^{G+}} \right), u = 1, \dots, U \quad (29)$$

Estas mediciones, para cada usuario, se combinan a continuación en una medición de enlace ascendente según se expone en líneas generales posteriormente.

10 Obsérvese que el punto (29) ofrece algunas ideas interesantes. Cuando la SINR es alta, entonces la RoT para el usuario se determina esencialmente por la potencia propia restante del usuario - la RoT aumenta entonces cuando la SINR empeora.

Cálculo de equivalentes de RTWP y RSEPS

15 A continuación se describe el cálculo de la equivalente de la potencia RTWP y RSEPS, en el punto de la señal de estadísticas suficientes. Del punto (29) se deduce que la equivalente de RTWP, vista por el usuario  $u$ , se convierte en

$$S_{u,RTWP}^{G+} = S_u^{G+} \left( 1 + \frac{SF_{u,EDPCCH}}{\beta_{u,eficaz}^2} \frac{1}{SINR_u^{G+}} \right), u = 1, \dots, U. \quad (30)$$

La equivalente de RSEPS, tal como la ve el usuario  $u$ , se obtiene por lo tanto mediante una suma sobre los códigos de usuario de RSEPS, cuando se usan todavía  $\hat{\mathbf{h}}_u$  y  $\hat{\mathbf{w}}_u$ :

$$S_{u,RSEPS}^{G+} = \sum_{u_{RSEPS}=1}^{U_{RSEPS}} S_{u(u_{RSEPS})}^{G+}, u = 1, \dots, U \quad (31)$$

20

$$\begin{aligned} S_{u(u_{RSEPS})}^{G+} &= \sum_{k \in \Omega_u(u_{RSEPS})} S_{u,k}^{G+} = \hat{\mathbf{w}}_u^H \hat{\mathbf{h}}_u \hat{\mathbf{h}}_u^H \hat{\mathbf{w}}_u \sum_{k \in \Omega_u(u_{RSEPS})} |S_{u,k}|^2 \\ &= \hat{\mathbf{w}}_u^H \hat{\mathbf{h}}_u \hat{\mathbf{h}}_u^H \hat{\mathbf{w}}_u \hat{E}_{s,u(u_{RSEPS})} = \left| \hat{\mathbf{w}}_u^H \hat{\mathbf{h}}_u \right|^2 \hat{E}_{s,u(u_{RSEPS})}, u_{RSEPS} = 1, \dots, U_{RSEPS}. \end{aligned} \quad (32)$$

Obsérvese de nuevo que el modelo de canal de usuario  $u$  se conserva cuando se realiza una suma sobre los códigos de los usuarios de RSEPS. Por lo tanto, es necesario llevar a cabo el cálculo una vez para cada usuario.

Estimación de la interferencia de células vecinas

25 Tal como se ha descrito de forma adicional anteriormente, con el fin de obtener una medición del aumento del ruido adecuada para fines de estabilidad, la interferencia de células vecinas se puede restar de la RoT de (29), para producir

$$NR_u^{G+} \equiv \frac{S_u^{G+} + I_u^{G+} + \kappa_u^{G+} \tilde{N} - I_{u,vecina}^{G+}}{\kappa_u^{G+} \tilde{N}}, u = 1, \dots, U \quad (33)$$

Esta medición de carga es válida para cada usuario, después del procesado GRAKE+.

30 Con el fin de elaborar una estimación de la interferencia de células vecinas después del procesado GRAKE+ ( $I_{u,vecina}^{G+}$ ) son necesarias dos suposiciones simplificadoras.

La primera suposición es que la interferencia de la célula propia domina sobre la interferencia de células vecinas. Es verdad que esta suposición no siempre es cierta. Sin embargo, es cuando la interferencia de la célula propia domina

que la estabilidad de la célula propia se encuentra más en riesgo - por lo tanto, el caso de la interferencia de células vecinas dominante es menos relevante desde el punto de vista de la estabilidad. Además, la nueva medición propuesta (33) de aumento de ruido no se usará sola. La medición (29) de la RoT se utiliza normalmente en paralelo, abarcando el caso de interferencia de células vecinas dominante.

- 5 La segunda suposición es que la interferencia de células vecinas se puede tratar como generada por un proceso de ruido blanco.

Utilizando estas suposiciones, la interferencia de células vecinas se puede tratar como la potencia del ruido térmico de fondo, lo cual da como resultado:

$$\begin{aligned}
 \hat{I}_{u,vecina}^{G+} &= \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M \sum_{k=1}^K (\hat{W}_u^H I_{u,vecina,k}^m)^H \hat{W}_u^H I_{u,vecina,k}^m \\
 &= \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M \sum_{k=1}^K \text{tr}((\hat{W}_u^H I_{u,vecina,k}^m)^H \hat{W}_u^H I_{u,vecina,k}^m) = \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M \sum_{k=1}^K \text{tr}(\hat{W}_u^H I_{u,vecina,k}^m (\hat{W}_u^H I_{u,vecina,k}^m)^H) \\
 &= \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M \sum_{k=1}^K \text{tr}(\hat{W}_u^H I_{u,vecina,k}^m (I_{u,vecina,k}^m)^H \hat{W}_u) \\
 &= \text{tr}\left(\sum_{k=1}^K \hat{W}_u^H \left(\frac{1}{M} \sum_{m=1}^M I_{u,vecina,k}^m (I_{u,vecina,k}^m)^H\right) \hat{W}_u\right) \xrightarrow{M \rightarrow \infty} \text{tr}(\hat{W}_u^H E[I_{u,vecina} (I_{u,vecina})^H] \hat{W}_u) \\
 &= \text{tr}(\hat{W}_u^H (\hat{I}_{u,vecina}) \hat{W}_u) = \hat{W}_u^H \hat{W}_u \hat{I}_{u,vecina}
 \end{aligned} \tag{34}$$

- 10 Esto da:

$$\hat{I}_{u,vecina}^{G+} = K_u^{G+} \hat{I}_{u,vecina}, u = 1, \dots, U. \tag{35}$$

donde  $\hat{I}_{u,vecina}^{G+}$  es la potencia de interferencia de células vecinas estimada antes del procesado GRAKE+, es decir en el mismo punto de señal en el que se estima  $\hat{N}$ . Obsérvese que normalmente la interferencia de células vecinas es inferior a la interferencia de la célula propia, con lo que las aproximaciones asociadas a la interferencia de células vecinas tienen un impacto menor sobre el resultado final que el que tendrían las suposiciones correspondientes sobre la interferencia de la célula propia.

Esto significa que la interferencia de células vecinas se puede estimar antes del procesado GRAKE+ seguido por un escalado para lograr un valor de interferencia de células vecinas después del procesado GRAKE+.

- Un conjunto de medios que permite la estimación de la interferencia de células vecinas antes del procesado GRAKE+ se ha definido, por ejemplo, en el documento WO 2007/024166, donde se obtiene una magnitud que representa una suma de interferencia de células vecinas (y cualquier potencia externa) y potencia de ruido térmico. Puesto que también se estima la potencia del ruido de fondo, se deduce que se puede hacer que se ponga a disposición una estimación de la interferencia de células vecinas en forma de una diferencia entre estas dos estimaciones antes del procesado GRAKE+. Obsérvese que la solución del documento WO 2007/024166 requiere que se utilice también un receptor RAKE para cada usuario, con el fin de obtener una medición de todas las potencias de usuario de células propias.

- Otro conjunto de medios que permitiría la estimación de la interferencia de células vecinas antes del procesado GRAKE+ se basaría en el documento WO 2007/024166, en donde se obtiene una magnitud que representa una suma de interferencia de células vecinas y potencia de ruido térmico. Sin embargo, en lugar de utilizar las potencias medidas antes del procesado GRAKE+ en un receptor RAKE convencional para alcanzar el objetivo de la estimación, se usaría la suma de los factores de carga calculados para los canales de célula propia. Puesto que también se estima la potencia de ruido, se deduce que se puede hacer que se ponga a disposición una estimación de la interferencia de células vecinas antes del procesado GRAKE+. Este planteamiento tiene la ventaja de que no sería necesario ningún procesado previo de receptor RAKE, la estimación de interferencias de células vecinas recurriría en cambio a información de otras partes del módulo de estimación de carga. De forma detallada, este planteamiento comenzaría con el factor de carga total para la célula propia, a continuación usaría (5) para calcular C/I a partir de la cual (véase (25)) puede calcularse la potencia S de la propia célula a partir de la RTWP medida usando la relación:

$$(C/I) = \frac{S}{RTWP - S} \tag{36}$$

- 40 Medición de la carga de estabilidad de células para un usuario después del blanqueamiento de interferencias GRAKE+

El uso de (30), (33) y (34) da como resultado:

$$\begin{aligned}
 NR_u^{G+} &\equiv \frac{S_u^{G+} + I_u^{G+} + \kappa_u^{G+} \tilde{N} - I_{u,vecina}^{G+}}{\kappa_u^{G+} \tilde{N}} \\
 &= \frac{S_u^{G+}}{\kappa_u^{G+} \tilde{N}} \left( 1 + \frac{SF_{u,EDPCCH}}{\beta_{u,eficaz}^2} \frac{1}{SINR_u^{G+}} \right) - \frac{\hat{I}_{u,vecina}}{\tilde{N}} \\
 &= \frac{S_u^{G+}}{\kappa_u^{G+} \tilde{N}} \left( 1 + \frac{SF_{u,EDPCCH}}{\beta_{u,eficaz}^2} \frac{1}{SINR_u^{G+}} \right) - \frac{\hat{I}_{vecina}}{\tilde{N}}
 \end{aligned} \tag{37}$$

5 ya que antes del procesado GRAKE+, la interferencia de células vecinas es independiente del usuario.

Mediciones combinadas de estabilidad de células después del blanqueamiento de interferencias GRAKE+

Medición promedio de la carga de estabilidad de las células

El promediado sobre todos los usuarios utilizando (35), proporciona la medición de carga de enlace ascendente

$$\langle NR^{G+} \rangle = \frac{1}{U} \sum_{u=1}^U NR_u^{G+} . \tag{38}$$

10 Medición de la carga de estabilidad de las células en el peor de los casos

En lugar de llevar a cabo un promediado, se puede adoptar por tanto un planteamiento del peor de los casos, donde el promediado se sustituye por una operación de máximos. Esto significa que el usuario que ve la carga total máxima se utiliza con fines de estimación de la carga. Por tanto, este planteamiento conservador podría estar motivado por argumentos de estabilidad de las células – no obstante, también puede ser demasiado conservador. La carga en el peor de los casos se define por las ecuaciones:

$$u_{max} = \arg \max_u (NR_u^{G+}) \tag{39}$$

$$\max (NR_u^{G+}) = NR_{u_{max}}^{G+} \tag{40}$$

En la actualidad, es una práctica común aplicar las partes más intensas, desde el punto de vista del cálculo, de los receptores de radiocomunicaciones WCDMA de enlace ascendente en circuitos integrados de aplicación específica (ASIC). Típicamente, dichos ASICs proporcionan un procesado de receptores RAKE, GRAKE o GRAKE+ para una multitud de usuarios, usando hardware paralelo dedicado. Por ejemplo, se conoce con anterioridad la implementación de la estimación de canal, la combinación de pesos, la demodulación y la decodificación en dichos ASICs, para múltiples usuarios. Para lograr esto, los ASICs pueden estar equipados con aceleradores dedicados, por ejemplo, para decodificación TURBO, operaciones matriciales y similares. Esto viene facilitado por el hecho de que se pueden programar ASICs para realizar diferentes tareas, aprovechando una variedad de dichos recursos de aceleradores de hardware. No obstante, según nuestro conocimiento, antes de la presente invención, no se han implementado medios de procesado dedicados para la estimación de la carga en ASICs.

En una realización preferida de una disposición para la estimación del aumento de ruido en un sistema de comunicaciones inalámbricas, por lo menos una parte de la funcionalidad del procesador según se ilustra en la Fig. 6 se implementa mediante por al menos uno de un Circuito Integrado de Aplicación Específica (ASIC) y un Procesador de Señal Digital (DSP). La realización presenta la implementación ASIC de por lo menos un subconjunto de la funcionalidad descrita anteriormente.

Obsérvese que, entre ramificaciones de antena, se producen errores de factor de escala del orden de 1 dB. A no ser que se use una estimación aparte de potencias de ruido de fondo, la consecuencia es que en el planificador puede que sea necesario un margen demasiado grande. Esto se deduce debido a que el canal de antena dominante (el que tiene el factor de escala más alto) también dominaría la estimación del ruido de fondo. Por lo tanto, el aumento de ruido se subestimaría para el canal con el factor de escala más bajo, algo que facilita márgenes de estabilidad reducidos por medio de la ramificación de antena con el factor de escala real más bajo. Por lo tanto el ASIC también debería preferentemente permitir una funcionalidad que distingue entre diferentes vías de señales analógicas.

5 La invención da a conocer técnicas que permiten una estimación de carga que refleja las ganancias del blanqueamiento de interferencias del GRAKE+ y técnicas similares y una nueva medición del aumento del ruido, mejorando así el caudal de las células en el nivel del sistema. La medición nueva del aumento de ruido va dirigida directamente a las potencias de canal que están sujetas a un control rápido de potencia de bucle interno. Sin la invención dada a conocer, fracciones grandes de las ganancias de enlace asociadas al GRAKE+ no se materializarían, debido a la necesidad de utilizar márgenes demasiado conservadores. La retrotransformación aplicada reduce considerablemente la complejidad de cálculo, lo cual permite un cálculo de la carga usando solo productos internos.

10 Las realizaciones descritas anteriormente deben entenderse como unos pocos ejemplos ilustrativos de la presente invención. Aquellos versados en la materia entenderán que se pueden aplicar varias modificaciones, combinaciones y cambios en las realizaciones sin desviarse con respecto al alcance de la presente invención. En particular, soluciones parciales diferentes en las diferentes realizaciones pueden combinarse en otras configuraciones, cuando resulte posible técnicamente. No obstante, el alcance de la presente invención queda definido por las reivindicaciones adjuntas.

15 **Abreviaturas**

ASIC - Circuito Integrado de Aplicación Específica

C/I - Relación de Potencia de código con respecto a Interferencia

DSP - Procesador de Señal Digital

EUL - Enlace Ascendente Mejorado

20 GRAKE - RAKE Generalizado

IC - Cancelación de Interferencias

RBS - Estación Base de Radiocomunicaciones

RoT - Elevación sobre el Ruido Térmico

RSEPS - Cuota de Potencia Planificada Recibida de canal dedicado Mejorado

25 RTWP - Potencia Total Recibida de Banda Ancha

SIC - Cancelación Sucesiva de Interferencias

SINR - Relación de Señal con respecto a Interferencia y Ruido

SIR - Relación de Señal con respecto a Interferencia

UE - Equipo de Usuario

30 WCDMA - Acceso Múltiple por División de Código de Banda Ancha

**REIVINDICACIONES**

1. Método para la estimación del aumento de ruido en un sistema de comunicaciones inalámbricas, comprendiendo dicho método las etapas de:
- medir (210) la potencia total recibida de banda ancha una pluralidad de veces;
- 5 generar (212) una medición de una potencia de célula propia una pluralidad de veces;
- calcular (214) una estimación de una medición de ruido de fondo sobre la base de por lo menos una serie de dichas potencias de banda ancha totales recibidas medidas y dichas mediciones generadas de una potencia de célula propia;
- 10 estimar (216) una potencia de interferencia de células vecinas para un primer usuario sobre la base de por lo menos una serie de dichas potencias de banda ancha totales recibidas medidas y dichas mediciones generadas de una potencia de célula propia;
- caracterizado por
- realizar (220) un blanqueamiento de interferencias sobre la base de uno de un GRAKE, y un ecualizador de segmentos para dicho primer usuario;
- 15 determinar (222) una potencia de señal útil para dicho primer usuario después del blanqueamiento de interferencias;
- deducir (224) un primer factor de compensación del ruido de fondo de usuario sobre la base de pesos de combinación para dicho primer usuario usados en dicho blanqueamiento de interferencias;
- obtener (226) una medición de la relación de la potencia de código con respecto a la interferencia para dicho primer usuario; y
- 20 calcular (230) una medición del aumento de ruido para dicho primer usuario, basándose por lo menos en dicha potencia de señal útil para dicho primer usuario después del blanqueamiento de interferencias, dicho primer factor de compensación del ruido de fondo de usuario, dicha medición de la relación de la potencia de código con respecto a la interferencia para dicho primer usuario, dicha medición del ruido de fondo y dicha potencia estimada de interferencia de células vecinas.
- 25 2. Método según la reivindicación 1, que comprende:
- repetir (240) dichas etapas de estimación, realización, determinación, deducción, obtención y cálculo para una pluralidad de usuarios; y
- definir (242) una medición del aumento de ruido del sistema sobre la base de dichas mediciones de aumento de ruido para dicha pluralidad de usuarios.
- 30 3. Método según la reivindicación 2, en el que dicha medición del aumento de ruido del sistema se define como una medición máxima del aumento de ruido de dichas mediciones de aumento de ruido para dicha pluralidad de usuarios.
4. Método según la reivindicación 2, en el que dicha medición del aumento de ruido del sistema se define como una medición promedio del aumento de ruido de dichas mediciones de aumento de ruido para dicha pluralidad de usuarios.
- 35 5. Método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que dicha medición de la relación de la potencia de código con respecto a la interferencia se selecciona de C/I y SINR.
6. Método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que dicho primer factor de compensación del ruido de fondo de usuario se deduce como el producto de una matriz transpuesta conjugada de dichos pesos de combinación y dichos pesos de combinación como una aproximación para la potencia del ruido blanco de fondo.
- 40 7. Método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que dicho primer factor de compensación del ruido de fondo de usuario se deduce como la traza del producto de una matriz transpuesta conjugada de dichos pesos de combinación, una matriz de covarianza de ruido térmico que representa la correlación debida a la forma espectral del canal de banda ancha completo y dichos pesos de combinación dividido por la traza de dicha matriz de covarianza de ruido térmico, para potencia de ruido coloreado de fondo.
- 45 8. Método según la reivindicación 6 ó 7, en el que dicha medición del aumento de ruido para dicho primer usuario se calcula como dicha potencia de señal útil para dicho primer usuario después del blanqueamiento de interferencias dividida por el producto de dicho factor de compensación del ruido de fondo de usuario y dicha medición del ruido de fondo y multiplicada por un factor que depende del inverso de la medición de la relación de la potencia de código con respecto a la interferencia para dicho primer usuario menos una relación entre dicha
- 50

potencia estimada de interferencia de células vecinas y dicha medición del ruido de fondo.

9. Método para la planificación de carga en un sistema de comunicaciones inalámbricas, comprendiendo dicho método las etapas de:

estimar una medición del aumento del ruido según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8;

5 planificar carga de enlace ascendente en dicho sistema de comunicaciones inalámbricas sobre la base de dicha medición estimada del aumento de ruido.

10. Disposición (10) para la estimación del aumento de ruido en un sistema (150) de comunicaciones inalámbricas, que comprende:

un receptor digital (12);

10 un módulo (14) de blanqueamiento de interferencias conectado a dicho receptor digital;

basándose dicho módulo (14) de blanqueamiento de interferencias en uno de un GRAKE, y un ecualizador de segmentos;

estando configurado dicho módulo (14) de blanqueamiento de interferencias para proporcionar blanqueamiento de interferencias para una pluralidad de usuarios en una salida;

15 un procesador (20) conectado a dicho receptor digital (12) y a dicha salida de dicho módulo (14) de blanqueamiento de interferencias;

estando configurado dicho procesador (20) para medir la potencia total recibida de banda ancha recibida en dicho receptor digital (12) una pluralidad de veces;

20 estando configurado dicho procesador (20) para generar una medición de una potencia de célula propia una pluralidad de veces;

estando configurado además dicho procesador (20) para calcular una estimación de una medición del ruido de fondo sobre la base de por lo menos una serie de dichas potencias totales recibidas de banda ancha medidas y dichas mediciones generadas de una potencia de célula propia;

caracterizado porque

25 dicho procesador (20) está configurado además para calcular una estimación de una potencia de interferencia de células vecinas para usuarios individuales de dicha pluralidad de usuarios sobre la base de por lo menos una serie de dichas potencias totales recibidas de banda ancha medidas y dichas mediciones generadas de una potencia de célula propia;

30 dicho procesador (20) está configurado además para determinar una potencia de señal útil para un primer usuario de dicha pluralidad de usuarios después del blanqueamiento de interferencias;

dicho procesador (20) está configurado además para deducir un primer factor de compensación del ruido de fondo de usuario sobre la base de pesos de combinación para dicho primer usuario utilizados en dicho blanqueamiento de interferencias;

35 dicho procesador (20) está configurado además para obtener una medición de la relación de la potencia de código con respecto a la interferencia para dicho primer usuario;

40 dicho procesador (20) está configurado además para calcular una medición del aumento del ruido para dicho primer usuario, basándose por lo menos en dicha potencia de señal útil para dicho primer usuario después del blanqueamiento de interferencias, dicho primer factor de compensación del ruido de fondo de usuario, dicha medición de la relación de la potencia de código con respecto a la interferencia para dicho primer usuario, dicha medición de ruido de fondo y dicha potencia estimada de interferencia de células vecinas.

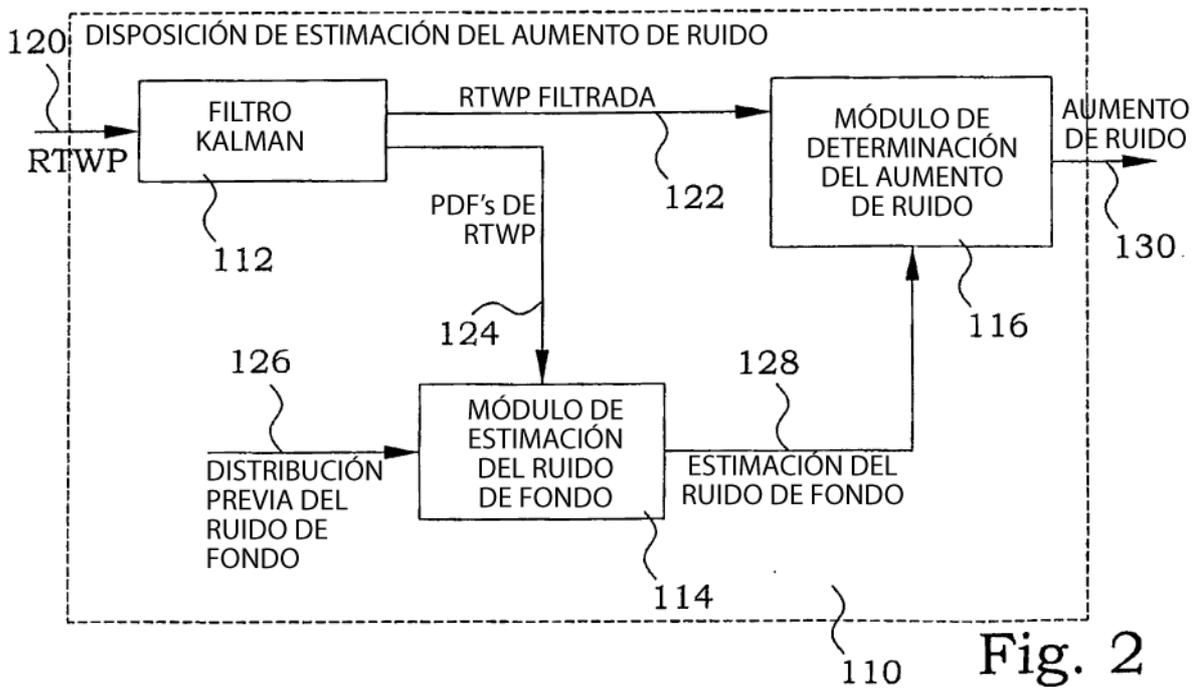
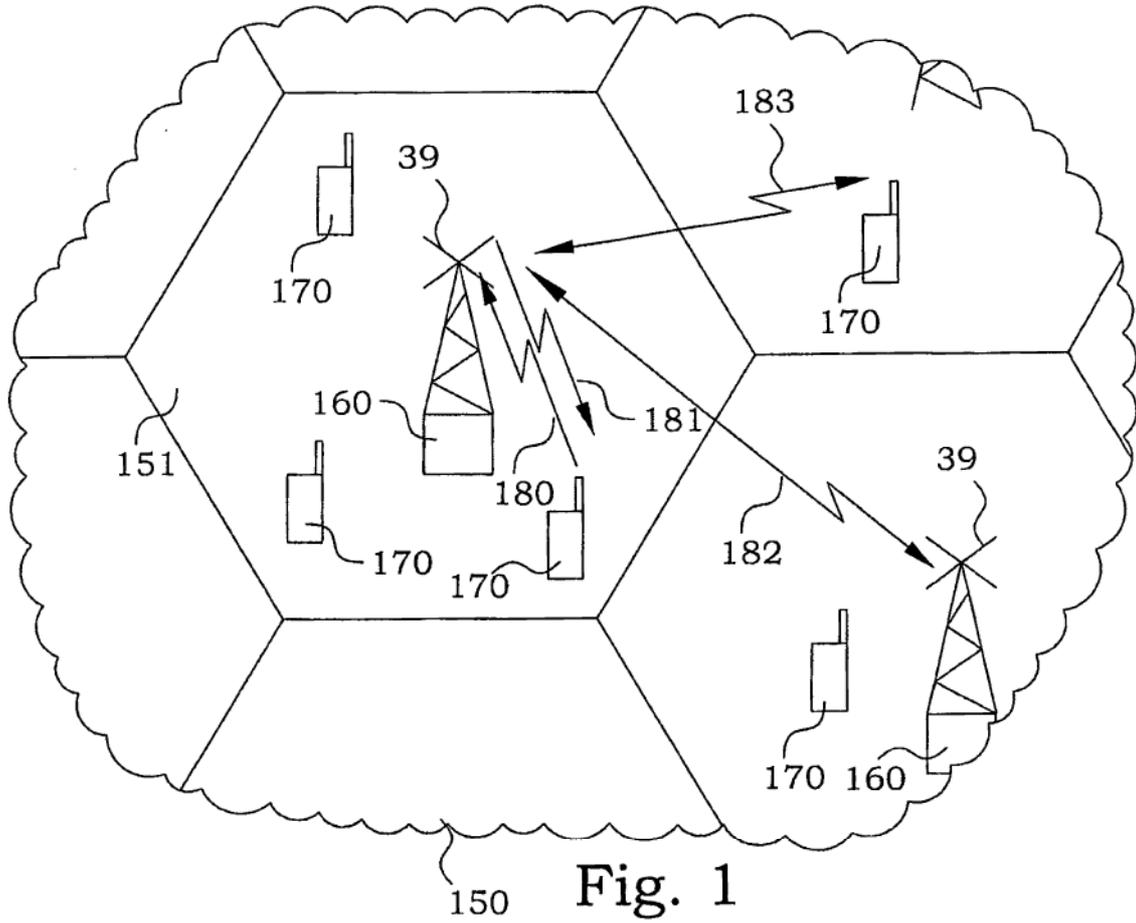
11. Disposición según la reivindicación 10, en la que dicho procesador (20) está configurado además para repetir dicha estimación, realización, determinación, deducción, obtención y cálculo para dicha pluralidad de usuarios y para definir una medición del aumento de ruido del sistema sobre la base de dichas mediciones de aumento de ruido para dicha pluralidad de usuarios.

45 12. Disposición según la reivindicación 10 u 11, en la que por lo menos dicho procesador (20) está implementado por al menos uno de un circuito integrado de aplicación específica y un procesador de señal digital.

13. Planificador de carga de un sistema (150) de comunicaciones inalámbricas que comprende una disposición (10) para la estimación del aumento de ruido según cualquiera de las reivindicaciones 10 a 12; estando configurado dicho planificador de carga para planificar carga de enlace ascendente en dicho sistema (150) de comunicaciones

inalámbricas sobre la base de dicha medición estimada del aumento de ruido.

14. Estación base (160) de un sistema (150) de comunicaciones inalámbricas que comprende una disposición (10) para la estimación del aumento de ruido según cualquiera de las reivindicaciones 10 a 12.



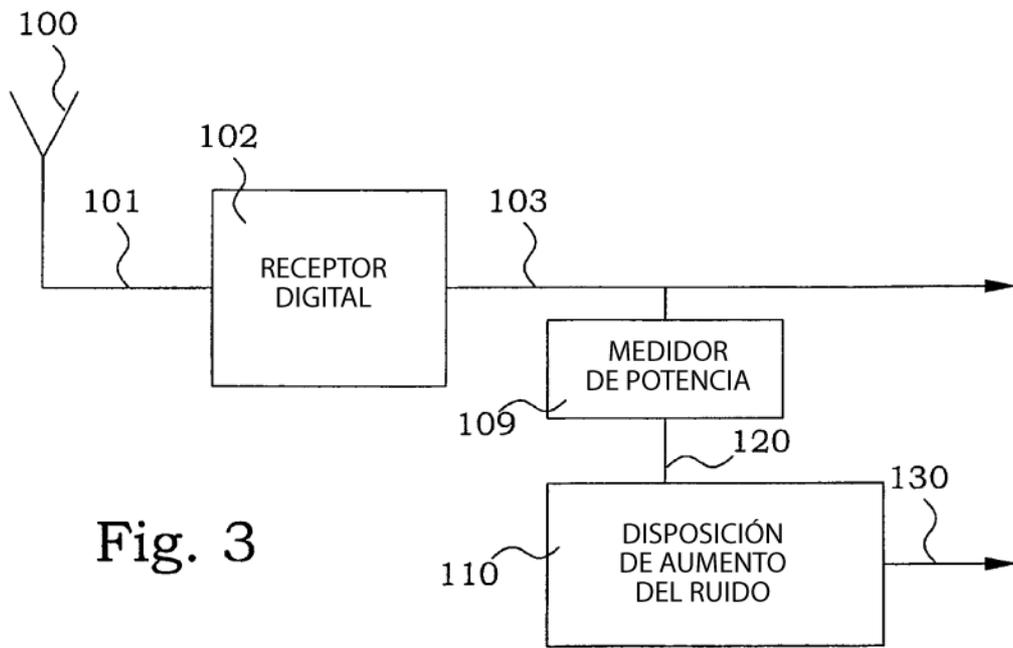


Fig. 3

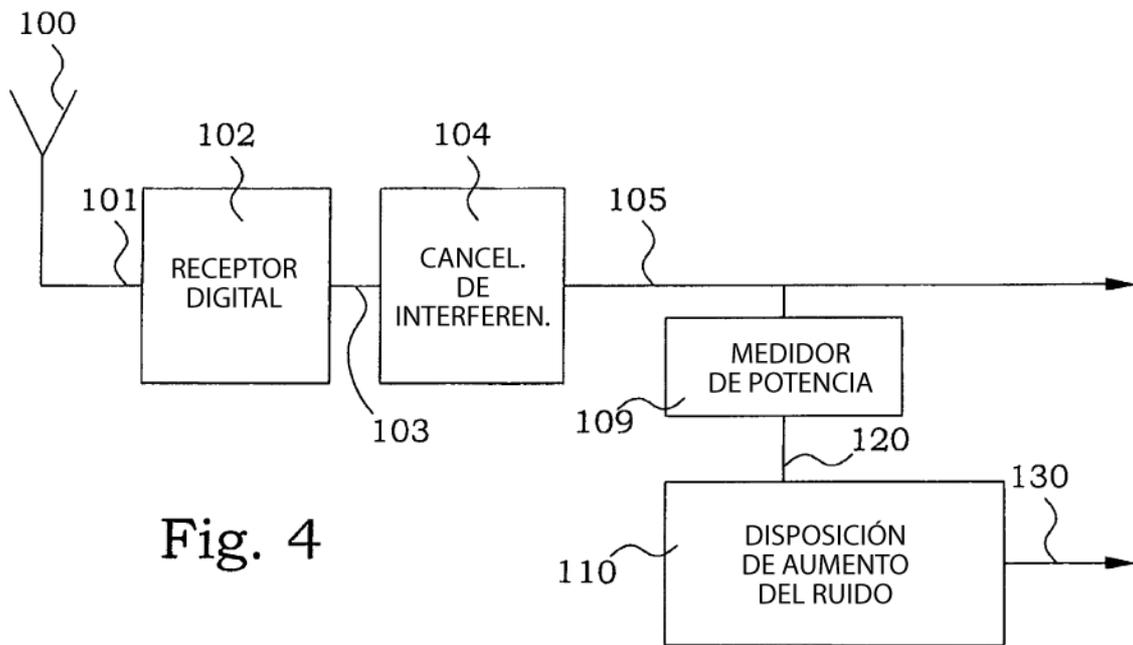


Fig. 4

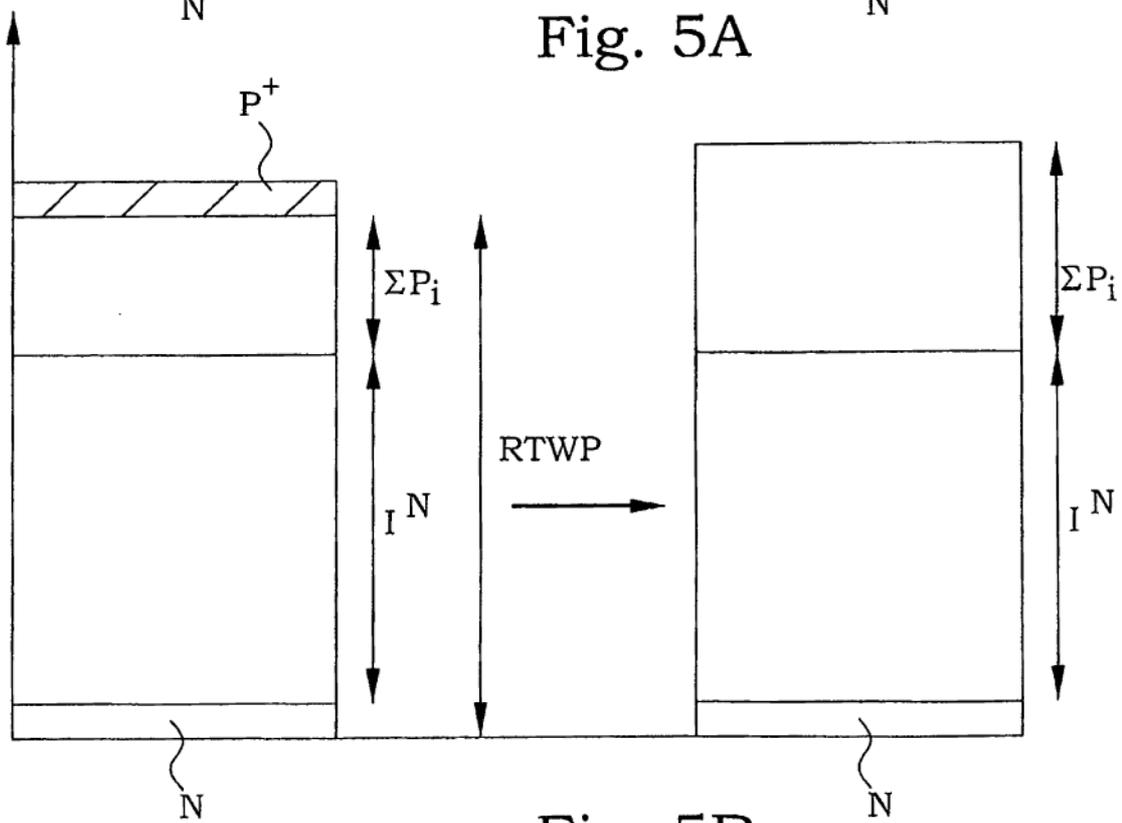
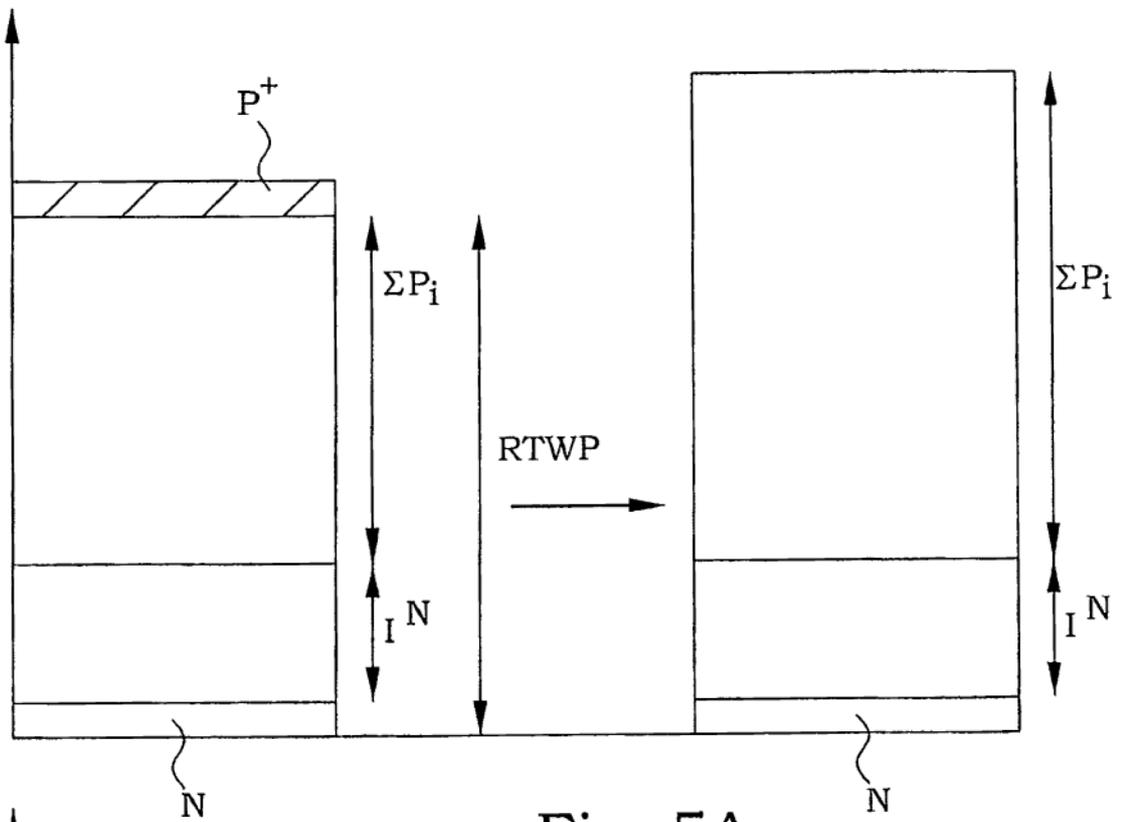
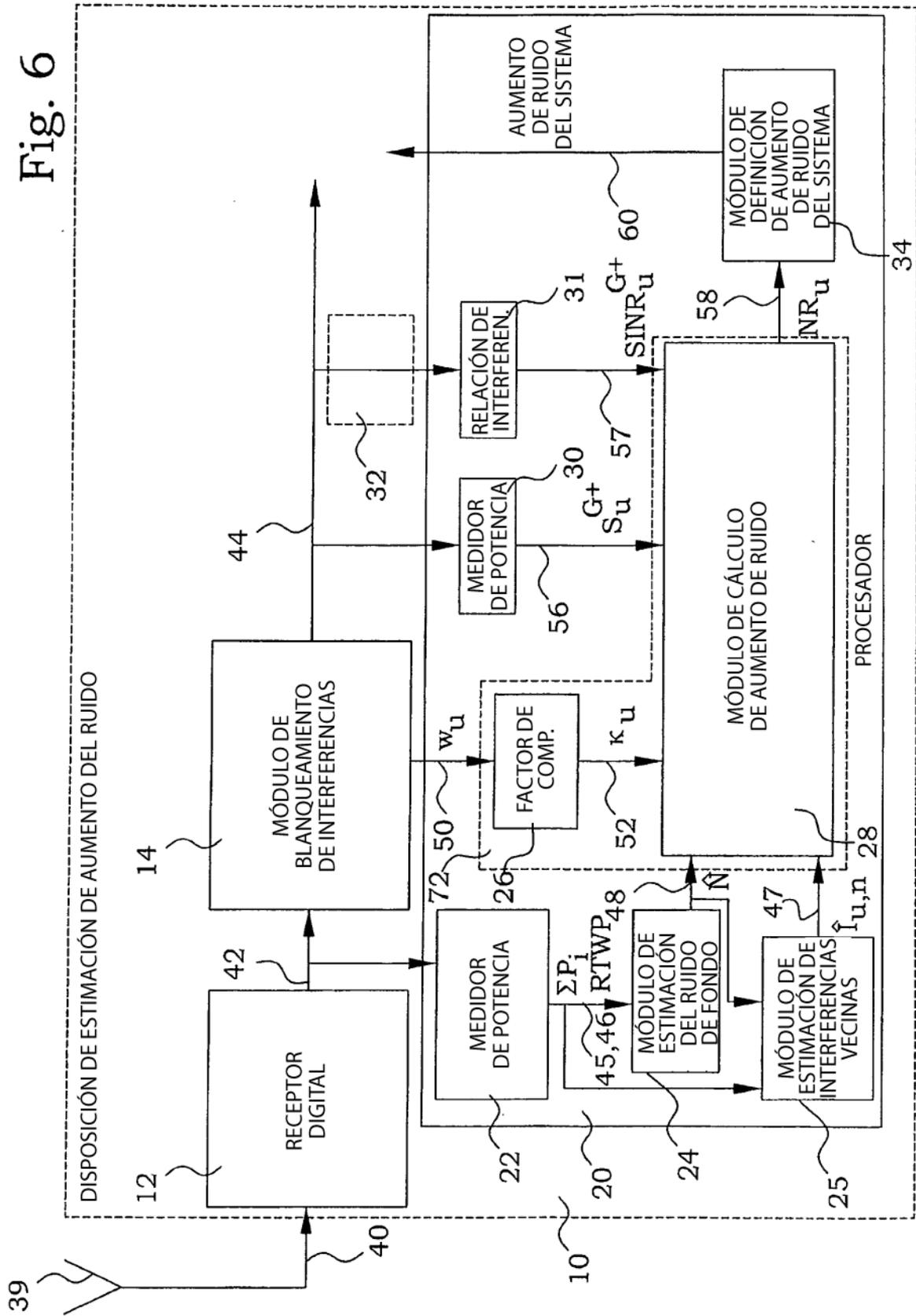


Fig. 6



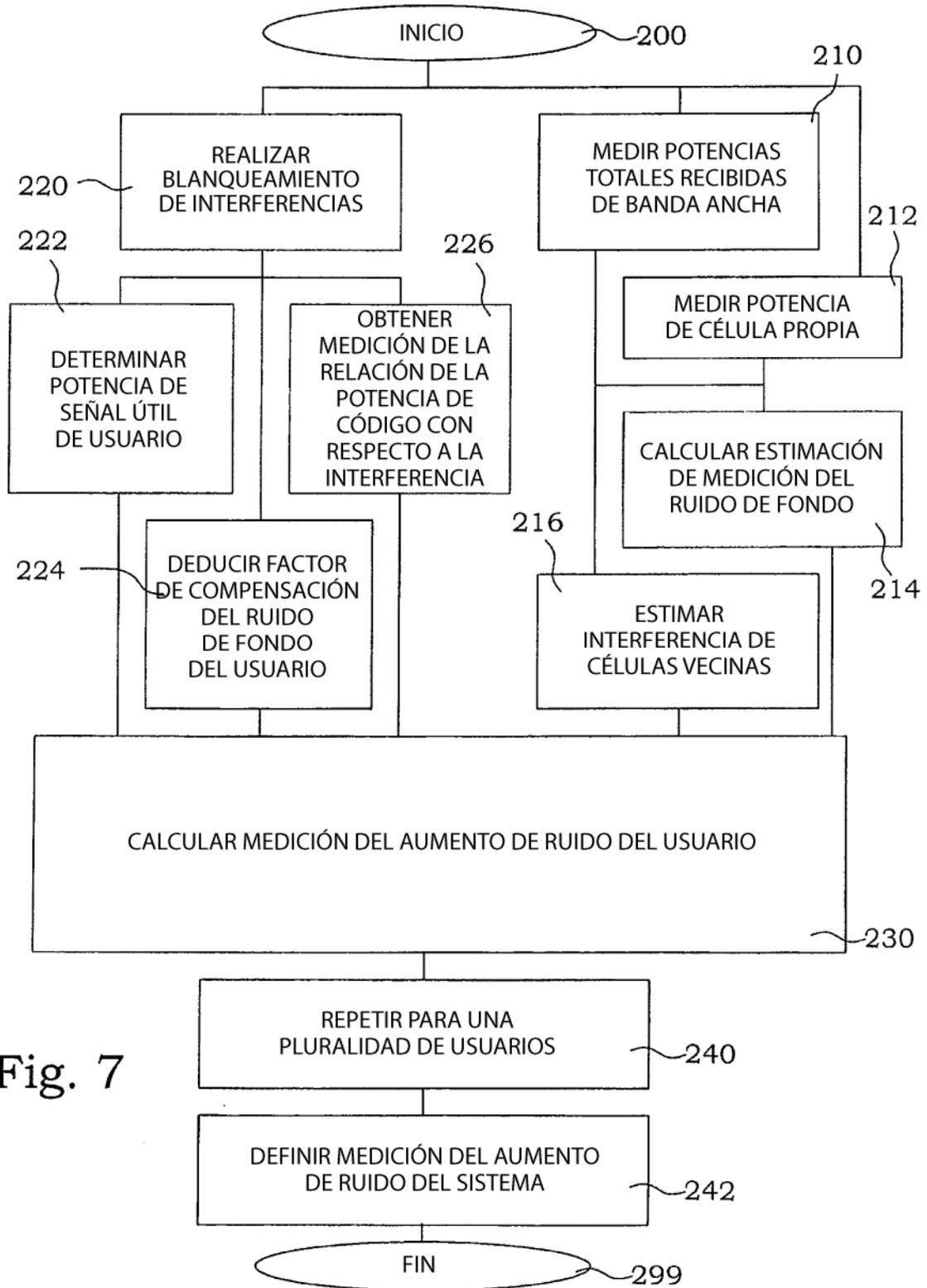


Fig. 7