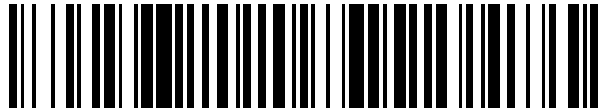


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 518 390**

51 Int. Cl.:

H04B 17/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.06.2007 E 07769022 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.08.2014 EP 2171890**

54 Título: **Método para la estimación de ruido de fondo e interferencia**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
05.11.2014

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 2 518 390 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

Método para la estimación de ruido de fondo e interferencia

Campo técnico

5 La presente invención se refiere a métodos y dispositivos para la estimación de interferencias en sistemas de comunicaciones celulares y se refiere, en particular, la estimación del ruido de fondo en sistemas de comunicación de evolución a largo plazo con acceso múltiple combinado por división de frecuencia y de tiempo en el enlace ascendente.

Antecedentes

10 El sistema de telecomunicaciones de Evolución a Largo Plazo (LTE) es una evolución del sistema de telecomunicaciones de Acceso Múltiple por División de Código de Banda Ancha (WCDMA), que introduce una nueva interfaz aérea. El LTE dispone de muchas propiedades atractivas que se pueden usar para el desarrollo futuro de servicios de telecomunicación. Un desafío técnico específico, por ejemplo, en sistemas LTE y similares, es la planificación de canales de enlace ascendente en intervalos de tiempo y frecuencias en los que las condiciones de interferencias son favorables, y en los que existe una capacidad suficiente en el enlace ascendente. Esto se puede
15 realizar gracias a que, en el LTE, se asignan usuarios diferentes a sub-bandas diferentes (denominadas también tonos) durante cada intervalo de tiempo. Debido a las fugas entre sub-bandas, la totalidad del resto de usuarios existentes de la célula contribuye al nivel de interferencia de un usuario específico en el enlace ascendente de sistemas LTE. Además, los terminales en células vecinas también contribuyen al mismo nivel de interferencia. Esto es debido a que todos los usuarios y canales comunes de todas las células transmiten en la misma banda de
20 frecuencias de enlace ascendente cuando se usa la tecnología LTE. Por ello, los usuarios de células vecinas que transmiten sobre los mismos tonos que usuarios de la célula propia producirán interferencia. Hay presentes por ello dos fuentes de interferencia – de usuarios de la propia célula y de usuarios de células vecinas.

25 Con el fin de planificar el tráfico en las células propias y vecinas de manera eficiente, es deseable conocer el nivel de interferencia para cada tono del enlace descendente. Con dicha información resulta posible planificar tráfico para tonos libres en los casos en los que el nivel de interferencia sea bajo. De esa manera, la transmisión desde el terminal (UE) a la estación base (Nodo B evolucionado) será eficiente. Invirtiendo la argumentación, resulta también claro que debería evitarse la planificación para tonos con un alto nivel de interferencia, siendo el motivo que una planificación de ese tipo interferiría con la transmisión de enlace ascendente en curso, de células vecinas.

30 Tal como se ha descrito anteriormente, la potencia de interferencia en un tono específico es la suma de la interferencia de células vecinas y la potencia de fugas de los otros tonos de la célula propia. Ahora la fuga de otros tonos de la célula propia depende, según una manera conocida, del banco de filtros seleccionado. Por tanto, la información de los niveles de potencia total de las señales recibidas del enlace ascendente de la célula propia se puede usar para calcular la potencia de fuga esperada, que afecta a un tono específico. La consecuencia es que resulta posible filtrar la interferencia de la célula propia, por lo menos en cierta medida. Eso dejaría la interferencia
35 de la célula vecina como la fuente principal de interferencia, para cada tono de la célula propia.

El nivel de interferencia de un tono específico de una célula, por ejemplo, en un sistema LTE, se expresa habitualmente con respecto a cierta referencia, típicamente la potencia del ruido de fondo térmico. Consecuentemente, se debe determinar la potencia del ruido de fondo con el fin de determinar el nivel de interferencia. En el pasado, típicamente las determinaciones del ruido de fondo se han asociado a incertidumbres relativamente grandes, frecuentemente del orden de varios dBs. Este es un efecto de errores de factores de escala desconocidos en la electrónica de los receptores de la etapa frontal. Recientemente, en las solicitudes de patente PCT/SE2005/001242 y PCT/SE2006/050242 se han dado a conocer medios para la estimación del ruido de fondo. Estas solicitudes describen medios para la estimación del ruido de fondo, que son adecuados para sistemas de comunicaciones de acceso múltiple por división de código. No obstante, no dan a conocer ningunos medios
40 adecuados para la estimación del ruido de fondo para tonos individuales del enlace ascendente de LTE. Tampoco abordan el filtrado de fugas entre tonos de la célula propia, que es una consecuencia del método de acceso múltiple de enlace ascendente usado en el LTE, el cual es diferente al correspondiente al acceso múltiple por división de código. Finalmente, no abordan la estimación del nivel de interferencia de entidades vecinas correspondiente a tonos específicos del enlace ascendente de LTE, aprovechando una estimación (posiblemente incierta) de la potencia del ruido de fondo térmico de dichos tonos específicos. Por lo tanto, existe una necesidad de métodos y disposiciones para proporcionar estimaciones eficientes y precisas, en tiempo real, de la potencia del ruido térmico de fondo y del nivel de interferencia de células vecinas, aplicables al método de acceso múltiple de enlace ascendente de LTE.

55 La admisión de usuarios nuevos en el sistema de telecomunicaciones LTE proporciona una forma de regular la carga de células LTE. Esta admisión se puede llevar a cabo o bien en los Nodos B evolucionados o en bien en otro nodo. Las reglas de admisión pueden usar típicamente información sobre el nivel de potencia total de la célula, la potencia del canal propio de la célula, el nivel de interferencia de células vecinas correspondiente a la célula, así como información sobre la potencia del ruido de fondo térmico de la célula. Por lo tanto, existe una necesidad de

métodos y disposiciones para acumular la potencia total, la potencia del canal propia y la potencia de interferencia de células vecinas, de cada uno de los subconjuntos de sub-bandas de frecuencias de la banda de frecuencias LTE total, con el fin de obtener la potencia total de la célula, la potencia total del canal propio de la célula y el nivel de interferencia total de células vecinas. Además, existe una necesidad de medios que proporcionen señalización de un subconjunto de la potencia total de la célula, la potencia total del canal propio de la célula, el nivel de interferencia total de células vecinas y la medida del ruido de fondo térmico a un nodo externo, u otra función dentro del Nodo B evolucionado.

El documento WO20007/024166, por ejemplo, se refiere a magnitudes relacionadas con la potencia en sistemas de comunicación celular, y, para ello, se puede proporcionar un valor de aumento de ruido preciso, incluso en presencia de interferencia de células vecinas, fuentes de interferencia externas y potencia que fluctúa rápidamente.

Sumario

Un problema general de las redes de comunicaciones LTE de la técnica anterior es que las estimaciones de la interferencia de células vecinas se presentan con una precisión que hace que la planificación minuciosa del tráfico de enlace ascendente resulte difícil. En particular, la determinación de interferencia de células vecinas padece incertidumbres significativas, provocadas principalmente por dificultades para estimar el ruido de fondo.

Un objetivo general de la presente invención es lograr métodos y disposiciones mejorados para determinar magnitudes relacionadas con la potencia, por ejemplo, niveles de interferencia de células vecinas, para tonos específicos.

Otro objetivo de la presente invención es lograr métodos y disposiciones que proporcionen una determinación más precisa de magnitudes relacionados con el ruido, por ejemplo, estimaciones de la potencia del ruido de fondo, para tonos específicos del enlace ascendente de LTE.

Estos y otros objetivos se logran de acuerdo con el conjunto anexado de reivindicaciones.

Según un aspecto, la invención comprende un método para la estimación del ruido de fondo a partir de una secuencia de magnitudes de potencia, posiblemente combinada a partir de magnitudes de potencia relacionadas con cada una de una serie de sub-bandas de frecuencias. Dicho método incluye las etapas de estimar una medida de la potencia del ruido de fondo, representada típicamente por una distribución de probabilidad condicional, para la banda de frecuencias completa; y, después de esto, estimar sub-medidas de la potencia de ruido de fondo para cada sub-banda de frecuencias, estando representadas típicamente dichas sub-medidas de ruido de fondo por distribuciones de probabilidad condicionales, teniendo en cuenta el ancho de banda de cada sub-banda de frecuencias y dando como resultado valores de dichas distribuciones de probabilidad condicionales en cuadrículas de potencia pre-seleccionadas.

Otro aspecto de la presente invención comprende un método de estimación de la potencia del ruido de fondo en donde dicha secuencia de magnitudes de potencia está compuesta por una secuencia de potencias totales de uno o más de los subconjuntos de sub-bandas de frecuencias.

Todavía otro aspecto de la presente invención comprende un método de estimación de la potencia del ruido de fondo donde dicha secuencia de magnitudes de potencia está compuesta por una secuencia de potencias totales de cada subconjunto de sub-bandas de frecuencias así como una secuencia de potencias de señal de la propia célula relacionadas con uno o más de los sub-conjuntos de sub-bandas de frecuencias.

Todavía otro aspecto de la presente invención comprende un método de estimación de la potencia del ruido de fondo donde dicha secuencia de magnitudes de potencia está compuesta por una secuencia de potencias totales de cada subconjunto de sub-bandas de frecuencias, así como una secuencia de potencias de señal de la célula propia relacionadas con uno o más de los subconjuntos de sub-bandas de frecuencias, eliminándose dicha secuencia de potencias de señal de la célula propia con respecto a dichas potencias totales de cada subconjunto de sub-bandas de frecuencias mediante la aplicación de una operación de filtrado para obtener una medida de potencia residual relacionada con la potencia restante de interferencia de células vecinas; representándose dicha medida de potencia residual por medio de una distribución de probabilidad sobre una cuadrícula de potencia residual discretizada.

Otro aspecto de la presente invención comprende un método de estimación de la interferencia de células vecinas a partir de dicha distribución de probabilidad condicional que representa las medidas de la potencia del ruido de fondo para dichos subconjuntos de sub-bandas, y a partir de dichas distribuciones de probabilidad que representan las medidas de potencia residual, calculando una distribución de probabilidad que representa la interferencia de células vecinas sobre una cuadrícula de interferencia pre-seleccionada.

Todavía otro aspecto de la presente invención comprende medios para el cálculo de estimaciones óptimas y estimaciones de varianza óptimas de potencias de interferencia de células vecinas y potencias de ruido de fondo para dichos subconjuntos de sub-bandas; calculándose dichas estimaciones óptimas y estimaciones de varianza óptimas como medios condicionales que aprovechan la distribución de probabilidad condicional estimada de las potencias de interferencia de células vecinas y las potencias del ruido de fondo térmico para dichos subconjuntos de

sub-bandas.

5 Todavía otro aspecto de la presente invención comprende medios de señalización que llevan a cabo la señalización de un subconjunto de dicha potencia de célula total, dicha potencia total del canal de la célula propia, dicha potencia total de interferencia de células vecinas, y dicha potencia del ruido de fondo térmico para dichos subconjuntos de sub-bandas, respectivamente, a otra función del Nodo B evolucionado, otro Nodo B evolucionado, u otro nodo para su uso en algoritmos de control de admisión; aplicándose repetidamente dichos medios de señalización.

Una ventaja de la presente invención comprende la estimación de niveles de interferencia de células vecinas, permitiendo así una planificación precisa, en tiempo real, del tráfico de LTE.

10 Otra ventaja de la presente invención comprende la estimación de una medida de la potencia del ruido de fondo térmico, una medida de la interferencia total de células vecinas, una medida de la potencia total de la célula propia y medidas de la potencia total del canal de la célula propia, para dichos subconjuntos de sub-bandas, uno de cuyos subconjuntos se puede señalar a un nodo que aprovecha la información señalizada con fines de control de admisión.

Breve descripción de los dibujos

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

la Fig. 1 muestra una cadena de señales de un Nodo B evolucionado que lleva a cabo una estimación de la interferencia de células vecinas

20 la Fig. 2 es una ilustración esquemática de potencias de señal que se producen en un sistema LTE típico en el cual se puede implementar la presente invención

la Fig. 3 es una ilustración esquemática de funcionalidades de posibles soluciones;

las Figs. 4a y 4b son diagramas que ilustran una transformación de una función de distribución de probabilidad según la invención;

la Fig. 5 ilustra potencias de señal que se producen en un sistema de comunicaciones celulares para móviles típico;

25 la Fig. 6 ilustra partes principales de una realización de un sistema según la presente invención;

las Figs. 7a a 7c son diagramas de flujo que ilustran el método según la presente invención.

La Fig. 8 ilustra un nodo de red de acceso de radiocomunicaciones según la invención.

Descripción detallada

30 La presente descripción detallada se introduce por medio de una explicación algo más profunda sobre cómo llevar a cabo una estimación del ruido de fondo y los problemas con los que se encuentra una pluralidad de posibles soluciones, con el fin de dar a conocer su importancia.

Puntos de referencia y medición

35 En una cadena de señales típica de un Nodo B evolucionado 10, véase la Figura 1, una señal de banda ancha recibida desde una antena 11 pasa en primer lugar por una cadena 12 de acondicionamiento de señales analógicas, que está compuesta por cables, filtros, etcétera. Las variaciones entre componentes junto con la deriva de temperatura hacen que el factor de escala de esta parte del sistema resulte indeterminado con aproximadamente entre 0 y 3 dBs, cuando la señal entra en un receptor. Esto se describe de forma adicional posteriormente. En el receptor 13, tiene lugar una serie de operaciones. Para la estimación de la interferencia, normalmente se supone que, en cierta fase, se mide una potencia recibida total.

40 Existen varias razones por las que aparecen las dificultades de estimar la potencia del ruido de fondo térmico. Una razón, según se ha indicado anteriormente, es que la potencia del ruido de fondo térmico, así como las otras potencias recibidas, se ve afectada por incertidumbres de los componentes en la etapa frontal 12 del receptor analógico. Los puntos de referencia de la señal se encuentran, por definición, en el conector 11 de antena. No obstante, las mediciones se obtienen después de la cadena 12 de acondicionamiento de señales analógicas, en el receptor digital 13. Estas incertidumbres poseen también una deriva térmica.

45 La cadena 12 de conjunto electrónico de adiconamiento de señales analógicas sí introduce un error de factor de escala de entre 0 y 3 dB entre estaciones base de radiocomunicaciones (lote) que resulta difícil de compensar. Por lo tanto, cualquier medición de potencia que se divida por el valor por defecto de la potencia del ruido térmico de fondo puede ser incongruente con la potencia asumida del ruido térmico de fondo en entre 0 y 3 dB. El efecto sería una estimación de las interferencias que es también errónea en entre 0 y 3 dB. Considerando el hecho de que los

niveles de interferencia de células vecinas en el sistema LTE son del mismo orden, está claro que un error de entre 0 y 3 dB no es aceptable.

Todas las potencias se ven afectadas igualmente por el error de factor de escala $\gamma(t)$. Así, cuando se calculan las relaciones de interferencia $I_R(t)$ (véase el Apéndice A), el error del factor de escala se anula como

$$I_R(t) = \frac{P_{ReceptorDigital}(t)}{P_N} = \frac{\gamma(t)P_{Antena}(t)}{\gamma(t)P_N} = I_R^{Antena}(t) \quad (1)$$

donde $I_R^{ReceptorDigital}(t)$ e $I_R^{Antena}(t)$ son las relaciones de interferencia que se miden en el receptor digital y en la antena, respectivamente; $P_{ReceptorDigital}(t)$ y $P_{Antena}(t)$ son potencias recibidas en el receptor digital y la antena, respectivamente; y $P_N^{ReceptorDigital}$ y P_N^{Antena} son los niveles de ruido térmico que se miden, respectivamente, en el receptor digital y la antena. No obstante, la ecuación (1) requiere una medición del ruido de fondo $P_N^{ReceptorDigital}$ en el receptor digital. Tal como se pondrá de manifiesto posteriormente, la estimación del valor absoluto de la interferencia de células vecinas también requiere una etapa previa de estimación del Ruido Térmico de Fondo.

La Fig. 5 ilustra las contribuciones a mediciones de potencia en relación con una estación base 20 de radiocomunicaciones. La estación base de radiocomunicaciones, por ejemplo, un Nodo B evolucionado en una E-UTRAN, está asociada a una célula 30. Dentro de la célula 30, hay presente una serie de terminales móviles 25, que se comunican con la estación base 20 de radiocomunicaciones a través de diferentes enlaces, contribuyendo cada uno de ellos a la potencia recibida total. La célula 30 tiene una serie de células vecinas 31 dentro del mismo sistema de comunicaciones móviles, asociada cada una de ellas a una estación base 21 de radiocomunicaciones. Las células vecinas comprenden también terminales móviles 26. Los terminales móviles 26 emiten potencia de radiofrecuencia y la suma de todas estas contribuciones se indica como PN. También puede haber otras fuentes de radiación externas a la red, tales como, por ejemplo, una estación 41 de radar. Las contribuciones de dichas fuentes se indican como PE. Finalmente, el término PN surge del propio receptor.

Ruido de fondo

Observabilidad del ruido de fondo

Un motivo para la aparición de las dificultades en la estimación de la potencia del ruido de fondo térmico surge en este momento debido a que, incluso si todas las mediciones se realizan en el receptor digital, el ruido de fondo no se puede medir directamente, al menos no en un único Nodo B evolucionado. La explicación es que la interferencia de células vecinas y la interferencia de fuentes externas afectan también a los tonos en el receptor, y cualquier valor medio de dichas fuentes no se puede separar del ruido de fondo. Las mediciones de potencia en los canales de la célula propia pueden hacer que mejore la situación aunque sin embargo no solucionan el problema en su totalidad. Además de lo anterior, las fugas de potencia de tonos adyacentes se pueden sumar a la interferencia, particularmente en casos con errores de muestreo y frecuencia.

La Fig. 2 ilustra varias contribuciones a mediciones de potencia en relación con un Nodo B evolucionado arbitrario 20 en un sistema de comunicaciones inalámbricas, por ejemplo, según se ilustra en la figura 5. En la figura 2, flechas continuas indican magnitudes medibles mientras que flechas de trazos indican magnitudes no medibles. El Nodo B evolucionado 20 está asociado a una célula 30. Dentro de la célula 30 hay presente una serie de terminales móviles 25, que se comunican con el Nodo B evolucionado 20 a través de diferentes enlaces, que contribuyen, cada uno de ellos, a la potencia recibida total en un sub-conjunto de tonos, a los cuales está asignado el terminal. Esta potencia se indica como $P_{I(m)}(t)$, donde m es el número de terminal, $\bar{I}(m)$ indica el subconjunto de números de tonos, usados por un terminal en el intervalo de tiempo t. $f_{I(m)}$ indica las frecuencias correspondientes de los tonos. La célula 30 tiene una serie de células vecinas 31 dentro del mismo sistema LTE, cada una de ellas asociada a un Nodo B evolucionado respectivo 21. Las células vecinas 31 comprenden también terminales móviles 26. Los terminales móviles 26 emiten potencia de radiofrecuencia y la suma de todas las contribuciones se indica con $P_{I(m)}^N$. También puede haber potencia de fuga de tonos adyacentes, indicada como $P_{-I(m)}^L$. Donde $-\bar{I}(m)$ indica números de tono que no están en $\bar{I}(m)$. Finalmente, el ruido térmico de las sub-bandas de frecuencia $f_{I(m)}$, $P_{NI(m)}$, proviene del propio receptor. Debería indicarse que $P_{NI(m)}$ no es la misma que el ruido de fondo térmico para la banda de frecuencias de enlace ascendente completa.

A partir de lo anterior resulta evidente que por lo menos $P_{I(m)}^N$ y $P_{NI(m)}$ no son medibles y, por lo tanto, es necesario realizar una estimación de las mismas. En ocasiones, $P_{-I(m)}^L$ se puede estimar a partir de mediciones de potencias de célula propia de otros usuarios en la misma célula – esto se describe de forma más detallada posteriormente. La medición de potencia total en el sub-conjunto de tonos, $P_{I(m)}^{Total}(t)$, se puede expresar de acuerdo con:

$$P_{I(m)}^{Total}(t) = P_{I(m)}(t) + P_{I(m)}^N(t) + P_{I(m)}^L(t) + P_{N,I(m)} + e_{I(m)}(t) \quad (2)$$

donde $e_{I(m)}(t)$ modela el ruido de mediciones.

Se puede demostrar matemáticamente que la estimación lineal de $P_{I(m)}^N$ y $P_{N,I(m)}$ no es un problema observable.

- 5 Solamente la magnitud $P_{I(m)}^N + P_{N,I(m)}$ es observable a partir de mediciones disponibles, siempre que $P_{I(m)}^L$. Si no, solamente $P_{I(m)}^N + P_{N,I(m)} + P_{I(m)}^L$ es observable. El problema es que no existe ninguna técnica convencional que se pueda usar para separar la potencia del ruido térmico de fondo con respecto a valores medios de potencia que tengan su origen en la interferencia de células vecinas y otras fuentes de interferencia dentro de la banda.

Estimación del ruido de fondo

- 10 Una posible solución para obtener la estimación del ruido de fondo es usar una determinación costosa e individual del ruido de fondo térmico de cada estación base de radiocomunicaciones in situ, con el fin de lograr un rendimiento suficientemente alto de estimación de las interferencias de células vecinas. El establecimiento del valor por defecto para la potencia del ruido térmico de fondo, según se ve en el receptor digital, requiere mediciones de referencia realizadas sobre un número elevado de estaciones base de radiocomunicaciones o bien en la fábrica o bien in situ.
- 15 Las dos alternativas son costosas y es necesario repetirlas en cuanto cambia el hardware. El planteamiento anterior para resolver el problema requeriría una calibración de cada Nodo B evolucionado individualmente. No obstante, esto sería muy costoso y es extremadamente poco atractivo. Además, seguirían quedando errores de deriva de temperatura en el conjunto electrónico de acondicionamiento de señales analógicas de quizás entre 0,7 y 1,0 dB.

- 20 Otro planteamiento potencial sería proporcionar una estimación de la potencia del ruido térmico de fondo. Uno de los principios para la estimación de la potencia del ruido térmico de fondo es estimarla como un mínimo de una magnitud de potencia medida o estimada que comprende el ruido térmico de fondo. Este mínimo se calcula típicamente sobre un intervalo de tiempo predeterminado. Si no hay disponibles mediciones de potencia del canal y de interferencia en la célula, la potencia en cuestión es la potencia recibida total, en el subconjunto de tonos correspondientes a un usuario en un intervalo de tiempo.

- 25 Es un hecho bien conocido que la contribución del ruido de fondo térmico está siempre presente, y, consecuentemente, se puede concluir que, si se pasan por alto incertidumbres de la medición, la contribución del ruido de fondo debe ser igual o menor que el valor mínimo de la potencia recibida total en un subconjunto de tonos recibidos dentro de un cierto periodo de tiempo. Esencialmente, el valor mínimo de la potencia total dentro de un cierto intervalo de tiempo constituye un límite superior del ruido de fondo desconocido.

- 30 Una posible solución según la descripción anterior podría proporcionar un algoritmo rígido para la estimación de la potencia del ruido térmico de fondo en el sentido de que se calcula un valor mínimo rígido sobre una ventana deslizante y el mismo se usa como una estimación de la potencia del ruido de fondo térmico. Consecuentemente, el ruido de fondo se podría determinar como el valor mínimo (sobre un intervalo de tiempo seleccionado) de una de las siguientes:

- 35
- La suma de la potencia del ruido de fondo y la potencia de la interferencia de entidades vecinas.
 - La potencia recibida total.

A continuación se calcula posteriormente la interferencia de entidades vecinas a partir de la mencionada de las dos magnitudes anteriores. La menor de las dos magnitudes anteriores no permite un cálculo de la interferencia de células vecinas. En caso de que no se mida la interferencia de otros tonos de la célula, entonces la misma se puede agrupar junto con la interferencia de células vecinas, en una medida de interferencia total.

- 40 En referencia a la Fig. 3, otra posible solución proporciona un principio diferente, basándose en una estimación flexible de la potencia del ruido de fondo térmico y la interferencia de células vecinas. En la forma más avanzada, la estimación de la interferencia de células vecinas se lleva a cabo en tres bloques principales.

- 45 El primer bloque 51, es decir, bloque de estimación de potencia, aplica un filtro denominado Kalman para la estimación de ciertas magnitudes de potencia que son requeridas por bloques de procesamiento posteriores. El uso principal del filtro Kalman se conoce a partir de la técnica anterior; no obstante, las señales y en particular el modelo y la compensación para la potencia de fuga que se describe posteriormente, no se han dado a conocer previamente. Específicamente, el bloque 51 recibe una serie de entradas 61A a D que comprenden la potencia total recibida

- 50 medida $P_{I(m)}^{Total}(t)$ en el subconjunto de tonos del terminal m 61A, la potencia total medida de los subconjuntos de tonos de otros terminales mi, $P_{I(m)}^{Total}(t)$ 61B, la potencia de canal medida $P_{I(m)}(t)$ en el subconjunto de tonos del terminal m 61C, y la potencia de canal medida de los subconjuntos de tonos de otros terminales mi, $P_{I(m)}(t)$ 61D, y proporciona salidas que comprenden estimaciones 62A, 62B de potencias y desviaciones típicas correspondientes

63A, 63B. La salida 62A es la estimación de una magnitud de potencia que es la suma de la potencia de interferencia de células vecinas y la potencia del ruido térmico de fondo para cada sub-conjunto de tonos (es decir, múltiples mediciones), y la salida 63A es la varianza correspondiente. La salida 62B es también la estimación de una magnitud de potencia que la suma de la potencia de interferencia de células vecinas y la potencia del ruido térmico de fondo para cada sub-conjunto de tonos, y la salida 63B es la varianza correspondiente. Puesto que las salidas son de la disposición del filtro Kalman, estos parámetros son los únicos necesarios para definir las distribuciones Gaussianas estimadas que son producidas por el filtro. Así, se ofrece suficiente información para definir la información de distribución de probabilidad completa de las estimaciones de potencia.

El segundo bloque 52 aplica técnicas de estimación Bayesiana conocidas a partir de la técnica anterior, con el fin de calcular una función de densidad de probabilidad condicional del mínimo de una de las magnitudes de potencia antes mencionadas. El mínimo responde también (por métodos Bayesianos) de la distribución anterior de la potencia del ruido de fondo térmico, mejorando así el rendimiento promedio de la estimación, cuando se evalúa sobre un conjunto de estaciones base de radiocomunicaciones. El valor real del ruido de fondo también se puede calcular mediante un cálculo del valor medio de la función estimada de distribución de probabilidad condicional. El algoritmo de la técnica anterior se puede aplicar de dos maneras:

- A cada sub-conjunto de tonos, por separado.
- A la banda completa de frecuencias de enlace ascendente del LTE, después de la suma de potencias y varianzas.

La primera alternativa no es una buena estrategia. En primer lugar, es probable que la estimación individual para cada frecuencia sea sensible a errores aleatorios. En segundo lugar, es necesario hacer funcionar varios estimadores del ruido de fondo térmico. Esto consume una gran cantidad de memoria dinámica. Por el motivo anterior, la primera alternativa no se describirá de forma adicional en la presente.

Específicamente, para la segunda alternativa el bloque 52 recibe las estimaciones 62A de potencia y las correspondientes desviaciones típicas 63A como entradas, y proporciona una salida 64 que comprende la distribución de probabilidad estimada de un valor extremo, típicamente el mínimo sobre una ventana de deslizamiento, destinado a representar una buena aproximación de la distribución de probabilidad condicional de la potencia del ruido de fondo térmico. Al bloque 52 de estimación de la distribución de probabilidad condicional se le proporcionan parámetros 66 que ofrecen información sobre una distribución de probabilidad esperada previa de la potencia del ruido de fondo, con el fin de lograr una estimación óptima.

El tercer bloque 53 lleva a cabo las siguientes etapas

- Estimación de la distribución de probabilidad condicional de la potencia del ruido térmico de fondo de cada subconjunto de tonos, para cada intervalo de tiempo (que representa típicamente un terminal de usuario), a partir de la distribución de probabilidad condicional de la potencia del ruido de fondo térmico de enlace ascendente, obtenida como señal 64.
- Estimación de la potencia de interferencia de células vecinas, para cada intervalo de tiempo (que representa típicamente un terminal de usuario), a partir de la distribución de probabilidad condicional de la potencia del ruido térmico de fondo de cada subconjunto de tonos de acuerdo con la etapa anterior, y a partir de las señales 63A y 63B obtenidas a partir del bloque 51.
- Estimación de estimaciones óptimas del ruido de fondo térmico y de la varianza correspondiente, así como de la interferencia de células vecinas y la varianza correspondiente, obteniéndose dichas estimaciones óptimas como medias condicionales de las distribuciones de probabilidad condicionales de los 2 primeros puntos.

Una versión modificada del posible método previamente descrito da a conocer el uso de una solución flexible simplificada. Solamente se mide la potencia total LTE de enlace ascendente y se aplica un algoritmo simplificado para la estimación solamente de la potencia de ruido de fondo térmico. Por consiguiente, el algoritmo simplificado aplica un filtro Kalman uni-dimensional, simplificado, para la estimación. La razón por la que se usa esta etapa de filtrado es que los bloques subsiguientes de procesamiento (todavía flexibles) requieren distribuciones de probabilidad como entrada. Los mismos se generan mejor mediante un filtro Kalman en el primer bloque de procesamiento, correspondiente al bloque 51 del método previamente descrito. Usando este método solo, pueden calcularse entonces los valores correspondientes de la potencia del ruido de fondo térmico para los subconjuntos de tonos tal como se describe posteriormente. No obstante, el cálculo de estimaciones de interferencia de células vecinas requiere un procesamiento adicional.

Posteriormente, se estima la potencia del ruido de fondo térmico con el algoritmo flexible completo, según se describe en referencia a la Fig. 3. Por contraposición al posible método descrito previamente, se calcula un valor estimado (óptimo) de la potencia del ruido de fondo térmico.

La estimación de la interferencia de células vecinas es un componente crítico ya que esto proporciona una entrada a una función de planificador de LTE del Nodo B evolucionado.

5 Por lo tanto, existe una necesidad clara de métodos y disposiciones que permitan una estimación flexible de los ruidos de fondo térmicos y de los niveles de interferencia de células vecinas para subconjuntos seleccionados de tonos. La estimación del ruido de fondo la lleva a cabo el mismo algoritmo para estos dos casos.

Una definición adicional de la presente invención requiere una descripción de la interfaz aérea del LTE, mecanismos de planificación de LTE, y un algoritmo de control de admisión de LTE (véase también el Apéndice A) para el algoritmo de estimación flexible del ruido de fondo.

10 1. La fuga de potencia desde tonos adyacentes a cualquier tono del enlace ascendente de LTE provoca una fuente de interferencia adicional. Las técnicas dadas a conocer para la estimación de la potencia del ruido de fondo térmico de subconjuntos de tonos y para la subsiguiente estimación de la potencia de interferencia de células vecinas hacia los mismos subconjuntos de tonos sacarían provecho de una eliminación de dicha potencia de fuga.

15 2. Es beneficioso que el planificador de LTE conozca el nivel de interferencia de las células vecinas en un subconjunto de tonos del enlace ascendente de LTE para un intervalo de tiempo específico. Por este motivo, es esencial proporcionar medios para la estimación de la potencia de interferencia de células vecinas y la potencia del ruido de fondo térmico, para cada uno de dicho subconjunto de tonos del enlace ascendente de LTE. Dada esta información, el planificador puede valorar la fracción de interferencia de células vecinas, en comparación con el ruido de fondo, para cada subconjunto de tonos (un subconjunto también puede contener solamente un único tono). Obsérvese que puede que no se asigne ningún usuario a algunos de dichos subconjuntos de tonos. Usando la información sobre la fracción de interferencia de células vecinas, el planificador puede evitar la planificación de usuarios nuevos en subconjuntos de tonos con valores altos de dicha fracción de interferencia de células vecinas. Esto hace que mejore la transmisión de información desde los usuarios nuevos, así asignados. Adicionalmente, los usuarios nuevos evitan la creación de interferencia que habría corrompido usuarios de células vecinas que son el motivo probable de cualquier nivel alto de dicha fracción de interferencia de células vecinas.

25 3. La función de control de admisión del sistema LTE necesita conocer también los niveles de interferencia de células vecinas, con el fin de poder evitar la admisión de usuarios en caso de que dicha(s) fracción(es) de interferencia de células vecinas fuera(n) demasiado alta(s), de manera global o en subconjuntos seleccionados de tonos.

30 4. Existe una necesidad de señalar el subconjunto de dicha potencia de célula total, dicha potencia total de canal de célula propia, dicha potencia total de interferencia de células vecinas, y dicha potencia de ruido térmico de fondo para dichos subconjuntos de sub-bandas, a otra función del Nodo B evolucionado, otro Nodo B evolucionado, u otro nodo para su uso en algoritmos de control de admisión.

Con el fin de satisfacer las exigencias antes mencionadas, se han identificado múltiples medidas:

35 Para satisfacer la primera exigencia, se definen medios de procesamiento del bloque 51. En primer lugar se observa que se supone que todas las potencias y mediciones modelan la suma de potencias de todos los tonos del subconjunto mi. A continuación, se introducen los siguientes modelos para el subconjunto mi:

$$P_{I(m_i)}(t+1) = P_{I(m_i)}(t) + w_{I(m_i)}(t)$$

$$P_{I(m_i)}^{Auxiliar}(t+1) = P_{I(m_i)}^{Auxiliar}(t) + w_{I(m_i)}^{Auxiliar}(t) \quad i=1, \dots, M \quad (3)$$

$$P_{I(m_i)medición}(t) = P_{I(m_i)}(t) + \sigma_{I(m_i)}(t)$$

40
$$P_{I(m_i)medición}^{Total}(t) = P_{I(m_i)}(t) + P_{I(m_i)}^{Auxiliar}(t) + P_{I(m_i)medición}^L(t) + \sigma_{I(m_i)}^{Total}(t) \quad (4)$$

Arriba, (3) es el modelo de estados y (4) es el modelo de mediciones. Los estados se seleccionan como la potencia de canal propio del subconjunto de tonos mi, y la potencia auxiliar, que está destinada a modelar la potencia del ruido de fondo térmico más la potencia de interferencia de células vecinas. $w_{I(m_i)}(t)$ y $w_{I(m_i)}^{Auxiliar}(t)$ indican los ruidos del sistema asociados a los estados seleccionados. Se supone que estas magnitudes presentan una distribución Gaussiana.

45 Las ecuaciones de mediciones (4) modelan la medición de la potencia propia del subconjunto de tonos mi, así como la potencia medida total del subconjunto de tonos mi. Las magnitudes $\sigma_{I(m_i)}(t)$ y $\sigma_{I(m_i)}^{Total}(t)$ indican los ruidos de medición de las mediciones seleccionadas. Se supone que estos ruidos presentan una distribución Gaussiana.

50 La magnitud $P_{I(m_i)medición}^L(t)$ no ha sido dada a conocer anteriormente. Es una pseudo-medición que modela la fuga de potencia desde tonos adyacentes a los tonos de subconjunto mi. Como puede observarse, se puede dejar en el

lado izquierdo de la última ecuación del punto (4), corriendo así la medición de potencia total. Se supone que un modelo adecuado para la potencia de fuga es

$$P_{f_{k(m)}medición}^L(t) = K \sum_{f_j \in I(m)} \sum_{f_k \neq f_j} P_{f_{k(m)}medición}(t) \left(\frac{\text{senn} \left(\frac{2\pi(f_k - f_j)}{\Delta f_{\text{tono}}} \right)}{\left(\frac{2\pi(f_k - f_j)}{\Delta f_{\text{tono}}} \right)} \right)^2 \quad (5)$$

5 donde K es una constante y $P_{f_{k(m)}medición}(t)$ indica la medición de potencia de canal sobre el tono individual con frecuencia f .

Dadas las ecuaciones (3) a (5) se puede definir y ejecutar un filtro Kalman.

10 Para satisfacer la segunda exigencia, es decir, para obtener una estimación de la potencia del ruido de fondo térmico para cada subconjunto de tonos, el planteamiento descrito en la presente consiste en aplicar una instancia de un estimador del ruido de fondo con ventana deslizante a la suma de las potencia auxiliares estimadas de los subconjuntos respectivos de tonos estimados con un filtro Kalman sobre la base del modelo definido en las ecuaciones (3) a (5). Estas se obtienen en forma de las señales 62A y 62B. La entrada al estimador de la potencia del ruido de fondo está compuesta entonces por la potencia auxiliar de la banda completa de frecuencias de enlace ascendente de LTE, según se ilustra en la Fig. 2. En principio, la estimación de la potencia del ruido de fondo térmico también se puede llevar a cabo según la Fig. 3, usando la potencia de banda ancha total de la banda de frecuencias de enlace ascendente de LTE. Esto en ocasiones se puede llevar a cabo directamente en la unidad de radiocomunicaciones del Nodo B evolucionado.

20 Para un algoritmo de “escalado flexible”, la salida es la distribución de probabilidad condicional de la potencia de ruido térmico de fondo de la banda de enlace ascendente de LTE discretizada sobre una cuadrícula de potencia seleccionada por el usuario (véase el apéndice A para obtener detalles). Esta señal se proporciona en forma de la entidad 64. Esta distribución de probabilidad condicional se indica como $f_{P_{N,LTE}}(x)$, donde x indica una potencia. Por comodidad en la notación, en este caso se omite la discretización.

25 El problema ahora es que la potencia del ruido de fondo de los subconjuntos de tonos difiere con respecto a la potencia del ruido de fondo correspondiente a la banda de LTE de enlace ascendente completa. No obstante, realizando un cambio de variables de potencia se obtiene como resultado una transformación que produce las distribuciones de probabilidad condicionales deseadas. A partir de la definición de una función de distribución de probabilidad se deduce que

$$f_{P_{N,j(m)}}(x) = \frac{d}{dx} F_{P_{N,j(m)}}(x) \quad i=1, \dots, M, \quad (6)$$

30 donde $F_{P_{N,j(m)}}(x)$, $i=1, \dots, M$, indica las funciones de distribución de probabilidad acumuladas correspondientes. Por definición y uso de las propiedades de ruido térmico

$$\begin{aligned} F_{P_{N,j(m)}}(x) &= \Pr(P_{N,j(m)} \leq x) = \Pr\left(\left(\Delta f_i / \sum_{i=1}^F \Delta f_i\right) P_{N,LTE} \leq x\right), \quad i = 1, \dots, M, \quad (7) \\ &= \Pr\left(P_{N,LTE} \leq \left(\sum_{i=1}^F \Delta f_i / \Delta f_i\right) x\right) = F_{P_{N,LTE}}\left(\left(\sum_{i=1}^F \Delta f_i / \Delta f_i\right) x\right) \end{aligned}$$

35

a partir de lo cual se deduce a partir del punto (6) que

$$40 \quad f_{P_{N,j(m)}}(x) = \left(\frac{\sum_{i=1}^F \Delta f_i}{\Delta f_i} \right) f_{P_{N,LTE}}\left(\left(\sum_{i=1}^F \Delta f_i / \Delta f_i\right) x\right), \quad i = 1, \dots, M. \quad (8)$$

Seguir una discretización de la ecuación (8) junto con una estimación de la potencia del ruido de fondo de la banda

completa de enlace ascendente de LTE representa una buena estrategia puesto que se usa toda la energía disponible de la señal y puesto que se usa solamente una instancia del algoritmo de la potencia del ruido de fondo térmico.

5 Un algoritmo de “escalado rígido” proporciona una magnitud $P_{N,LTE}^{Rigida}$ que es el mínimo de las medidas en la ventana deslizante. A partir de esto, se puede calcular

$$P_{N,I(m)}^{Rigida} = \frac{\Delta f_i}{\sum \Delta f_i} P_{N,LTE}^{Rigida}$$

Para satisfacer la tercera exigencia, es decir, para obtener estimaciones de la potencia de interferencia de células vecinas, existen dos alternativas principales

- Estimación rígida de la interferencia de células vecinas.
- 10 • Estimación flexible de la interferencia de células vecinas.

Para describir la primera alternativa de estimación rígida, la entrada a este cálculo está compuesta por

- La potencia medida del canal propio del subconjunto mi de tonos, $P_{I(m_i)}(t)$, $i=1,\dots,M$.
- La potencia total medida del subconjunto mi de tonos, $P_{I(m_i)}^{Total}(t)$, $i=1,\dots,M$.
- 15 • La estimación óptima de la potencia del ruido de fondo térmico del subconjunto mi de tonos, $\hat{P}_{N,I(m_i)}(t)$, $i=1,\dots,M$.
- La potencia de fuga de enlace ascendente (seudo-) medida de la célula propia, $P_{I(m_i)}^L(t)$, $i=1,\dots,M$, véase el punto (5).

A continuación, la estimación de la interferencia de células vecinas se calcula como

$$\hat{P}_{I(m_i)}^N(t) = P_{I(m_i)}^{Total}(t) - P_{I(m_i)}(t) - P_{I(m_i)}^L - \hat{P}_{N,I(m_i)}(t), \quad i = 1, \dots, M. \quad (9)$$

20 La estimación óptima de la potencia del ruido de fondo térmico se puede calcular de manera flexible o rígida (es decir, como un valor mínimo). Si se usa un método flexible para la estimación del ruido de fondo, entonces la potencia del ruido de fondo térmico viene dada por la denominada media condicional, calculada a partir de la función de densidad de probabilidad condicional $f_{P_{N,I(m_i)}|X}(x)$, en el dominio continuo, la fórmula correspondiente al cálculo es

$$\hat{N}_{f_i}(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} x f_{P_{N,I(m_i)}|X}(x) dx, \quad i = 1, \dots, M. \quad (10)$$

25 En una implementación práctica, la integral se sustituye por una suma, sobre una cuadrícula de discretización. Se usa preferentemente la misma cuadrícula uni-dimensional que se usa para la estimación de $f_{P_{N,I(m_i)}|X}(x)$.

Para describir el segundo planteamiento de la estimación flexible de interferencia de células vecinas, se observa que este planteamiento difiere con respecto a la alternativa rígida en que se calcula en primer lugar una función de distribución de probabilidad para la interferencia de células vecinas. A continuación, prosigue la estimación óptima de la interferencia de células vecinas mediante un cálculo de la media condicional de esta función de distribución de probabilidad. Una de las ventajas de este planteamiento es que es óptimo. Otra ventaja es que resulta posible calcular una medida de incertidumbre de la estimación óptima calculada. Esta medida es la denominada varianza condicional. La incertidumbre es altamente valiosa para el funcionamiento de planificación y control de admisión del LTE, cuando la misma se señala a dichas funciones/nodos de planificación y control de admisión.

35 Obsérvese que después del filtrado en el bloque 51, y de la estimación de la distribución de probabilidad condicional de la potencia del ruido de fondo térmico en el bloque 52 (véase el Apéndice A), se cumple la siguiente ecuación

$$P_{I(m_i)}^N(t) = P_{I(m_i)}^{Auxiliar}(t) - P_{N,I(m_i)}(t), \quad i=1,\dots, M, \quad (11)$$

40 Puesto que las dos variables estocásticas en el lado derecho de la ecuación (11) se han caracterizado ambas en términos de sus distribuciones de probabilidad condicionales, de aquí se deduce que la función de distribución de probabilidad condicional de la potencia de interferencia de células vecinas de cada subconjunto mi de tonos se

puede calcular mediante un cálculo de la distribución de la diferencia entre dos variables estocásticas. Con este fin se puede usar el siguiente resultado (conocido):

Cuando se consideran dos variables estocásticas X e Y con distribuciones $f_x(x)$ y $f_y(y)$, la diferencia $Z = X - Y$ tiene la distribución

$$f_z(z) = \int_{-\infty}^{+\infty} f_x(x) f_y(z+x) dx$$

En una implementación práctica, todas las magnitudes continuas se discretizan sobre su propia cuadrícula individual. Obsérvese que la distribución de probabilidad de las potencias auxiliares es proporcionada por las señales 63A y 63B, mientras que la distribución de probabilidad condicional de la potencia del ruido de fondo térmico viene proporcionada por la ecuación (8), que se aprovecha de la entrada 64 del bloque 52.

Con el fin de describir el procedimiento para la estimación flexible de la potencia del ruido de fondo térmico, en una realización preferida se usan las siguientes etapas:

Etapa 1:

Entradas: Se usan las siguientes señales de entrada

- $f_{P_{i(m_i)}}(t)$, una distribución Gaussiana con media obtenida a partir de 63A y una varianza obtenida a partir de 63B, $i = 1, \dots, M$.
- $f_{N_{i(m_i)}}(t)$, la distribución de probabilidad condicional del estimador de la potencia del ruido de fondo térmico obtenida a partir del punto (8)

Las dos magnitudes anteriores se discretizan.

Cálculo: este se lleva a cabo de acuerdo con el Resultado anterior, dando como resultado la distribución $f_{P_{i(m_i)}^N}(z)$, $i = 1, \dots, M$.

Etapa 2: la estimación óptima de la interferencia de células vecinas, y la varianza óptima correspondiente, se calculan como medios condicionales

$$\hat{P}_{i(m_i)}^N(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} x f_{P_{i(m_i)}^N}(x) dx, \quad i = 1, \dots, M, \quad (12)$$

$$\hat{\sigma}_{P_{i(m_i)}^N}(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} (x - \hat{P}_{i(m_i)}^N)^2 f_{P_{i(m_i)}^N}(x) dx, \quad i = 1, \dots, M, \quad (13)$$

usando una discretización adecuada.

La planificación y, principalmente, los algoritmos de control de admisión del sistema LTE requieren la señalización de las magnitudes antes estimadas al(a los) nodo(s) donde están ubicados los algoritmos de planificación y control de admisión. Los siguientes elementos de información alternativos son útiles para transmitir a los nodos de planificación y control de admisión del sistema LTE:

1. $\hat{P}_{N_{i(m_i)}}, \hat{P}_{I(m_i)}^N, \hat{\sigma}_{P_{i(m_i)}^N}^2, \hat{P}_{I(m_i)}(t), \hat{\sigma}_{P_{i(m_i)}}^2$, cellID (ID célula) (implícita o explícitamente)
2. $\hat{P}_{N_{i(m_i)}}, \hat{P}_{I(m_i)}^N, \hat{P}_{I(m_i)}(t)$, cellID (ID célula) (implícita o explícitamente)
3. $\hat{P}_{N_{i(m_i)}}, \hat{P}_{I(m_i)}^N / \hat{P}_{N_{i(m_i)}}, \hat{\sigma}_{P_{i(m_i)}^N}^2 / \hat{P}_{N_{i(m_i)}}^2, \hat{P}_{I(m_i)} / \hat{P}_{N_{i(m_i)}}, \hat{\sigma}_{P_{i(m_i)}}^2 / \hat{P}_{N_{i(m_i)}}^2$, cellID (ID célula) (implícita o explícitamente)
4. $\hat{P}_{N_{i(m_i)}}, \hat{P}_{I(m_i)}^N / \hat{P}_{N_{i(m_i)}}, \hat{P}_{I(m_i)} / \hat{P}_{N_{i(m_i)}}$, cellID (ID célula) (implícita o explícitamente).

Además de los algoritmos antes descritos, la interacción por interfaz de los mismos en el sistema de Nodo B evolucionado existente necesita algunas mejoras.

En la descripción anterior, se supone que las estimaciones de potencia se refieren a la comunicación de LTE de enlace ascendente. Las mediciones de potencia, en tales casos, son llevadas a cabo por un nodo en la red de acceso de radiocomunicaciones (RAN), típicamente el Nodo B evolucionado. No obstante, por lo menos partes del procedimiento, por ejemplo, las etapas de determinación y/o estimación, también se pueden realizar en otras partes de la red de comunicaciones.

La Fig. 6 ilustra partes principales de una realización según la presente invención en un sistema 70 de comunicaciones inalámbricas. Dicho sistema 70 de comunicaciones comprende una red 71 de acceso de radiocomunicaciones, por ejemplo, E-UTRAN. Un terminal móvil 25 está en contacto de radiocomunicaciones con un Nodo B evolucionado 20 en la red 71 de acceso por las radiocomunicaciones. El Nodo B evolucionado 20 está conectado a un nodo 72 de pasarela que comprende, entre otros, una entidad de gestión de movilidad y una entidad de plano de usuario y está conectado a la red central (CN) 73. En esta realización, el Nodo B evolucionado 20 comprende además medios 74 para determinar estimaciones de interferencia de células vecinas y estimaciones del ruido térmico de fondo para subconjuntos de tonos para el enlace ascendente.

Las ventajas de la presente invención comprenden:

- Medios para la estimación de la potencia del ruido térmico de fondo para subconjuntos de tonos en el enlace ascendente de un sistema LTE, siendo dichos medios óptimos, y proporcionando así un rendimiento de estimación superior
- Medios para la estimación de interferencia de células vecinas para subconjuntos de tonos en el enlace ascendente de un sistema LTE, siendo dichos medios óptimos, y proporcionando así un rendimiento de estimación superior.
- Medios de señalización para la transmisión de las estimaciones óptimas a la función de planificación de LTE, proporcionando así al planificador información superior para decisiones de planificación del tráfico celular.
- Medios de señalización para la transmisión de las estimaciones óptimas a la función de control de admisión de LTE, proporcionando así a la función de control de admisión información superior para decisiones de planificación del tráfico celular.

Las realizaciones antes descritas deben entenderse en calidad de algunos ejemplos ilustrativos de la presente invención. Aquellos versados en la técnica entenderán que, en las realizaciones, se pueden efectuar varias modificaciones, combinaciones, y cambios sin desviarse con respecto al alcance de la presente invención. En particular, diferentes soluciones parciales en las diferentes realizaciones se pueden combinar en otras configuraciones, cuando ello resulte técnicamente posible. No obstante, el alcance de la presente invención queda definido por las reivindicaciones adjuntas.

Apéndice A

Estimación de la distribución de probabilidad condicional de una potencia mínima

$$\min_{t' \in [t-T_{Lsg}, t]} P^{Total}(t')$$

Nota: es muy corriente estimar potencias mínimas. No obstante, la elección para usar el valor mínimo es realmente ad-hoc. En un caso general, resultaría posible usar, como base para los cálculos posteriores, un valor extremo de una magnitud en cierta medida dependiente de la magnitud de PTotal estimada. No obstante, como realización más

simple, en este caso se considera la magnitud $\min_{t' \in [t-T_{Lsg}, t]} P^{Total}(t')$. Obsérvese que PTotal en la siguiente descripción se refiere a la potencia de banda ancha total recibida. En este apéndice, t se usa para indicar tiempo.

Notación, probabilidad condicional y regla de Bayes

En lo sucesivo, la regla de Bayes y la definición de medio condicional, para distribuciones de probabilidad, se usan de manera extensiva. Las siguientes definiciones y resultados se pueden encontrar, por ejemplo, en cualquier libro de texto sobre estimaciones.

Distribuciones de probabilidad: considérese dos eventos A y B, con distribuciones de probabilidad $f_A(x)$ y $f_B(y)$, respectivamente. Entonces, la distribución de probabilidad conjunta de A y B se indica como $f_{A,B}(x,y)$.

Obsérvese que los eventos y el condicionamiento se expresan mediante subíndices, mientras que las variables independientes aparecen dentro de los paréntesis. Esta notación se usa únicamente cuando se utilizan distribuciones de probabilidad y distribuciones de probabilidad acumuladas. Cuando se hace referencia a estimaciones de estados y covarianzas, por ejemplo, del filtro Kalman, el condicionamiento también puede aparecer

dentro de paréntesis.

Distribuciones de probabilidad condicionales: las distribuciones de probabilidad condicionales $f_{A|B}(x)$ y $f_{B|A}(y)$ se definen por:

$$f_{A,B}(x,y) = f_{A|B}(x)f_B(y) = f_{B|A}(y)f_A(x). \tag{A1}$$

- 5 Obsérvese que, como consecuencia de la notación correspondiente a distribuciones de probabilidad, también el condicionamiento se expresa en forma de subíndices.

En este momento, una solución de la ecuación anterior da como resultado la famosa regla de Bayes:

$$f_{A,B}(x) = \frac{f_{B|A}(y)f_A(x)}{f_B(y)}. \tag{A2}$$

- 10 Obsérvese que las reglas anteriores se entienden mejor usando diagramas de intersección de círculos. Las pruebas formales para obtener los resultados correspondientes a distribuciones de probabilidad pueden usar, por ejemplo, versiones de límite infinitesimal de motivaciones para los casos de probabilidad.

Probabilidad condicional del mínimo – modelo y expresiones generales

- 15 En esta sección, se obtienen algunas propiedades generales de un estimador mínimo. Con ese fin se introduce la siguiente notación. La estimación del filtro de Kalman o del suavizador de Kalman de PTotal(t') se indica mediante:

$$\begin{aligned} \hat{x}_{pTotal}^{Kalman}(t' | \mathbf{Y}^t) &\equiv \hat{x}_{pTotal}^{Kalman}(t' | \{y(s)\}_{s \in [-\infty, t]}) \\ &\equiv \hat{x}_{pTotal}^{Kalman}(t' | \{y(s)\}_{s \in [t-T_{Lag}, t]}, \hat{x}_{pTotal}^{Kalman}(t-T_{Lag} | \mathbf{Y}^{t-T_{Lag}})). \end{aligned} \tag{A3}$$

- 20 En este caso t' indica algún instante de tiempo dentro de $[t-T_{Lag}, t]$. Las distribuciones condicionales son, bajo condiciones moderadas, todos los estadísticos suficientes Gaussianos, es decir, únicamente se necesitan propiedades de segundo orden para describir las distribuciones de probabilidad condicionales. Esto se refleja en el condicionamiento de la última expresión de (A3). Las distribuciones condicionales siguen como:

$$f_{\hat{x}_{pTotal}^{Kalman}(t')|Y^t}(x) \in N(\hat{x}_{pTotal}^{Kalman}(t' | t), (\sigma_{pTotal}^{Kalman}(t' | t))^2), \tag{A4}$$

- donde Kalman indica que la estimación se calcula con el filtro de Kalman o, si $t' < t$, el suavizador de Kalman. Las magnitudes $\hat{x}_{pTotal}^{Kalman}(t' | t)$ y $(\sigma_{pTotal}^{Kalman}(t' | t))^2$ indican la estimación de potencia y la covarianza correspondiente, respectivamente, es decir las entradas al estimador. Obsérvese que (A4) supone que, como valor inicial para el filtro Kalman, se usa la estimación correspondiente en el instante de tiempo $t - T_{Lag}$.
- 25

A continuación puede desarrollarse adicionalmente la distribución condicional para el valor mínimo de la estimación de la potencia. Con ese fin, se supone el siguiente modelo para la relación entre $x_{pTotal}^0(t') = P_{pTotal}^0(t')$ que representa la potencia verdadera y $\hat{x}_{pTotal}^{Kalman}(t' | t) = \hat{P}^{pTotal}(t' | t)$ que representa la estimación:

$$x_{pTotal}^0(t') = \hat{x}_{pTotal}^{Kalman}(t' | t) + \Delta x_{pTotal}(t' | t) \tag{A5}$$

$$x_{pTotal}^0(t') \in N(\hat{x}_{pTotal}^{Kalman}(t' | t), (\sigma_{pTotal}^{Kalman}(t' | t))^2). \tag{A6}$$

- 30 Esto está en concordancia con la argumentación anterior sobre estadísticos suficientes. La notación para la distribución de $\Delta x_{pTotal}(t' | t)$ se simplifica en lo sucesivo a:

$$f_{\Delta x}(x). \tag{A7}$$

Obsérvese que no tiene por qué suponerse que esta distribución es Gaussiana (aunque esta es la suposición que mayormente se acepta).

A continuación, se va a estimar la distribución de probabilidad condicional del valor mínimo de $x_{p,Totat}^0(t') = p^{0,Totat}(t')$, $t' \in [t - T_{Lag}, t]$, usando datos $y(t)$, obtenidos del intervalo de tiempo $[-\infty, t]$.

- 5 Tal como se observará posteriormente, se requieren teóricamente estimaciones más suaves como entradas al algoritmo de estimación de probabilidad condicional para la potencia mínima que actúa sobre el intervalo de tiempo $[t - T_{Lag}, t]$. Para mantener formalmente la cualidad de óptimo en el desarrollo, las estimaciones más suaves también se deberían calcular usando todos los datos dentro de $[t - T_{Lag}, t]$. No obstante, en una implementación práctica, estas estimaciones más suaves se calculan de manera típica usando solamente una instantánea breve de datos en torno a la instancia de tiempo de suavizado seleccionada. A continuación, varias de estas estimaciones de suavizado, de $[t - T_{Lag}, t]$, se combinan para estimar la distribución de probabilidad condicional. En la descripción sucesiva el intervalo $[t - T_{Lag}, t]$ se mantiene sin embargo en todas las magnitudes, para no complicar demasiado el desarrollo. Se puede obtener una simplificación adicional mediante sustitución de la estimación más suave con una estimación de un filtro Kalman. Las simulaciones indican que esto se puede efectuar con una pérdida de rendimiento muy pequeña.
- 10
- 15

La distribución condicional del valor mínimo se puede escribir entonces de la manera siguiente (véase (A5)):

$$f_{\min\{x_{p,Totat}^0(t')\}_{t' \in [t-T_{Lag}, t]} | Y^t, \min x_{p,Totat}^0(t-T_{Lag})}(x), \tag{A8}$$

donde la última magnitud de (A8) indica la información inicial del valor mínimo. En lo sucesivo se usan de manera extensiva la regla de Bayes y la definición de media condicional, para distribuciones de probabilidad.

- 20 A continuación, se aplica la regla de Bayes y la definición de probabilidad condicional a (A8) usando las definiciones:

$$A := \min\{x_{p,Totat}^0(t')\}_{t' \in [t-T_{Lag}, t]}$$

$$B := \min x_{p,Totat}^0(t-T_{Lag})$$

$$C := Y^t$$

Se cumple entonces la siguiente cadena de igualdades, usando la regla de Bayes, la definición de distribuciones de probabilidad condicionales, y el resultado $f_{B,C|A}(x,y) = f_{(B|A),(C|A)}(x,y)$ (este último resultado se comprueba fácilmente mediante el dibujo de un diagrama de tres círculos):

$$\begin{aligned} f_{A|B,C}(x) &= \frac{f_{B,C|A}(x,y)f_A(x)}{f_{B,C}(x,y)} = \frac{f_{(B|A)(C|A)}(x,y)f_A(x)}{f_{B,C}(x,y)} \\ &= \frac{f_{(B|A)(C|A)}(x)f_{C|A}(y)f_A(x)}{f_{B,C}(x,y)} = \frac{f_{B|A,C}(x)f_{C|A}(y)f_A(x)}{f_{B,C}(x,y)} \\ &= \frac{f_{B|A,C}(x)f_{AC}(x)f_C(y)}{f_{B,C}(x,y)}. \end{aligned} \tag{A9}$$

- 25 La última etapa se puede verificar fácilmente de nuevo dibujando diagramas de círculos. En este momento, según las definiciones anteriores, el primer factor del numerador de (A9) es un prior y, por lo tanto, el condicionamiento desaparece. El segundo factor del numerador se expandirá adicionalmente más adelante, mientras que el último factor del numerador y el denominador se pueden tratar como partes de una constante de normalización. A continuación, la sustitución de las definiciones de A, B y C valida la relación:
- 30

$$\begin{aligned}
 & f_{\min\{x_{pTotal}^u(t')\}_{t' \in [t-T_{Lag}, t]} | Y^t, \min x_{pTotal}^u(t-T_{Lag})}(x) \\
 &= \frac{1}{c} f_{\min\{x_{pTotal}^u(t')\}_{t' \in [t-T_{Lag}, t]} | Y^t}(x) f_{\min x_{pTotal}^u(t-T_{Lag})}(x).
 \end{aligned} \tag{A10}$$

Una consecuencia de (A10) que es necesario tener en mente es que se está tratando un problema de suavizado. Por tanto, la etapa de pre-procesado tratada anteriormente, basada en el filtrado de Kalman, necesita formalmente incluir una etapa de un suavizador de Kalman. Sin embargo, en la práctica, normalmente el filtro de Kalman es suficiente.

Expansión final de la media condicional de la potencia mínima

El punto de partida de esta subsección es la ecuación (A10) que establece que la pdf (función de distribución de probabilidad) condicional viene dada como el producto de un prior (valor inicial) y un factor dependiente de mediciones. El prior es suministrado por el usuario y debería reflejar la incertidumbre previa (prior uncertainty) referente a PN. Obsérvese que cada vez que se mueve la ventana deslizante y se calcula una estimación nueva, se aplica nuevamente el mismo prior. Por lo tanto, el prior no se actualiza en la configuración básica del estimador.

Para establecer la pdf condicional completa es necesario algún tratamiento adicional del primer factor de (A10). La distribución de error $f_{\Delta P}(x)$ de (A7), junto con las definiciones (A5) y (A6) será decisivas para lograr este objetivo. Además, en los cálculos de más adelante, $F(\cdot)$ indica una distribución acumulada, es decir la integral de f . $\Pr(\cdot)$ indica la probabilidad de un evento.

Se cumplen entonces las siguientes igualdades para el primer factor de (A10):

$$\begin{aligned}
 & F_{\min\{x_{pTotal}^u(t')\}_{t' \in [t-T_{Lag}, t]} | Y^t}(x) = \Pr\left(\min\{x_{pTotal}^u(t')\}_{t' \in [t-T_{Lag}, t]} \leq x | Y^t\right) \\
 &= 1 - \Pr\left(\min\{x_{pTotal}^u(t')\}_{t' \in [t-T_{Lag}, t]} > x | Y^t\right) \\
 &= 1 - \Pr\left(\forall t', \Delta x_{pTotal}(t' | t) > x - \hat{x}_{pTotal}^{Kalman}(t' | t)\right) \\
 &= 1 - \prod_{t' \in [t-T_{Lag}, t]} \Pr\left(\Delta x_{pTotal}(t' | t) > x - \hat{x}_{pTotal}^{Kalman}(t' | t)\right) \\
 &= 1 - \prod_{t' \in [t-T_{Lag}, t]} \left(1 - \Pr\left(\Delta x_{pTotal}(t' | t) \leq x - \hat{x}_{pTotal}^{Kalman}(t' | t)\right)\right) \\
 &= 1 - \prod_{t' \in [t-T_{Lag}, t]} \left(1 - F_{\Delta x(t'|t)}(x - \hat{x}_{pTotal}^{Kalman}(t' | t))\right).
 \end{aligned} \tag{A11}$$

La cuarta igualdad de (A11) se deduce a partir de la suposición de que el suavizador de Kalman proporciona un estadístico suficiente, es decir (A5) y (A6). La última igualdad se deduce a partir de (A7). Evidentemente, la suposición más lógica es usar una distribución Gaussiana para $F_{\Delta P}(x)$. No obstante, en realidad (A11) permite también otras distribuciones.

La etapa final en la obtención del primer factor de la función de distribución es diferenciar (A11), obteniendo:

$$\begin{aligned}
 & f_{\min\{x_{pTotal}^u(t')\}_{t' \in [t-T_{Lag}, t]} | Y^t}(x) = \frac{dF_{\min\{x_{pTotal}^u(t')\}_{t' \in [t-T_{Lag}, t]} | Y^t}(x)}{dx} \\
 &= \sum_{t' \in [t-T_{Lag}, t]} f_{\Delta x(t'|t)}(x - \hat{x}_{pTotal}^{Kalman}(t' | t)) \prod_{\substack{q \in [t-T_{Lag}, t] \\ q \neq t'}} \left(1 - F_{\Delta x(t'|t)}(x - \hat{x}_{pTotal}^{Kalman}(q | t))\right)
 \end{aligned} \tag{A12}$$

La combinación con (A10), proporciona el resultado final:

$$f_{\min\{x_{pTotal}^0(t')\}_{t' \in [t-T_{Log}, t] | \mathcal{Y}^t, \min x_{pTotal}^u(t-T_{Log})\}}(x) = \frac{1}{c} \left(\sum_{t' \in [t-T_{Log}, t]} f_{\Delta x(t'|t)}(x - \hat{x}_{pTotal}^{Kalman}(t'|t)) \prod_{\substack{q \in [t-T_{Log}, t] \\ q \neq t'}} (1 - F_{\Delta x(t'|t)}(x - \hat{x}_{pTotal}^{Kalman}(q|t))) \right) f_{\min x_{pTotal}^0(t-T_{Log})}(x) \tag{A13}$$

5 Este resultado constituye la salida 64 a la que se hace referencia en relación con la Fig. 2. La expresión puede parecer compleja. Afortunadamente su evaluación es directa puesto que es una función unidimensional de distribuciones Gaussianas y Gaussianas acumuladas dadas por:

$$f_{\Delta x(t'|t)}(x - \hat{x}_{pTotal}^{Kalman}(t'|t)) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_{pTotal}^{Kalman}(t'|t)} e^{-\frac{(x - \hat{x}_{pTotal}^{Kalman}(t'|t))^2}{2(\sigma_{pTotal}^{Kalman}(t'|t))^2}} \tag{A14}$$

$$F_{\Delta x(t'|t)}(x - \hat{x}_{pTotal}^{Kalman}(t'|t)) = \int_{-\infty}^{x - \hat{x}_{pTotal}^{Kalman}(t'|t)} f_{\Delta x(t'|t)}(y) dy = \frac{1}{2} \operatorname{erfc}\left(-\frac{(x - \hat{x}_{pTotal}^{Kalman}(t'|t))}{\sqrt{2}\sigma_{pTotal}^{Kalman}(t'|t)}\right) \tag{A15}$$

Las magnitudes $\sigma_{pTotal}^{Kalman}(t'|t)$ y $\hat{x}_{pTotal}^{Kalman}(t'|t)$ están disponibles fácilmente como salidas del suavizador de Kalman, o el filtro de Kalman más sencillo.

10 Si, como salida, se va a proporcionar un valor de ruido de fondo, se lleva a cabo un cálculo del valor medio sobre la distribución de salida.

En resumen, la expresión antes obtenida se puede reescribir como

$$f_{\min}(P_k) = \sum_{i=1}^{N_{MuestraPotencia}} \left(f_{MuestraPotencia}(i, k) \prod_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^{N_{MuestraPotencia}} (1 - F_{MuestraPotencia}(j, k)) \right) \tag{A16}$$

REIVINDICACIONES

1. Método para la estimación de interferencias de células vecinas, que comprende

medir (911) la potencia total de enlace ascendente por subconjunto de tonos;

medir (912) la potencia del canal propio por el mismo subconjunto de tonos;

5 combinar (92) para todos los subconjuntos de tonos las magnitudes de potencia auxiliares desde por lo menos la potencia total de enlace ascendente por subconjunto de tonos a una potencia auxiliar total de banda ancha para la banda de enlace ascendente completa, en donde dichas magnitudes de potencia auxiliares se calculan como la potencia total de enlace ascendente por subconjunto de tonos menos la potencia de canal propio por subconjunto de tonos menos la fuga de potencia de células vecinas;

10 calcular (93) una medida del ruido de fondo térmico sobre la base de dicha magnitud de potencia auxiliar combinada;

caracterizado por

15 dividir (94) dicha medida calculada del ruido de fondo en sub-medidas de ruido de fondo para cada subconjunto de tonos, dependiendo dicha división del ancho de banda de cada subconjunto de tonos, con el fin de obtener (95) una medida de la interferencia de células vecinas para cada subconjunto de tonos a partir de por lo menos dichas submedidas del ruido de fondo.

2. Método según la reivindicación 1, por el cual

la etapa de combinación (92) implica una adición de las magnitudes de potencia auxiliares para todos los subconjuntos de tonos;

20 la etapa de calcular (93) la medida del ruido de fondo térmico implica almacenar las muestras de potencia auxiliar en una ventana deslizante y calcular el mínimo de muestras de potencia en dicha ventana deslizante; y

la interferencia de células vecinas se calcula escalando la medida del ruido de fondo para cada uno de los subconjuntos de tonos y calculando la magnitud de potencia auxiliar menos la medida del ruido de fondo escalada, para cada subconjunto.

25 3. Método según la reivindicación 2, por el cual dicha fuga de potencia se calcula a partir de todas las potencias de canal correspondientes a otros subconjuntos de tonos en la célula propia.

4. Método según la reivindicación 3, por el cual dicha potencia de fuga se calcula de acuerdo con

$$P_{I(m_i),medición}^L(t) = K \sum_{f_j \in I(m_i)} \sum_{f_k \neq f_j} P_{f_k,medición}(t) \left(\frac{\text{sen} \left(\frac{2\pi(f_k - f_j)}{\Delta f_{Tono}} \right)}{\left(\frac{2\pi(f_k - f_j)}{\Delta f_{Tono}} \right)} \right)^2$$

5. Método según la reivindicación 1, por el cual

30 dicha magnitud de potencia auxiliar constituye un valor medio y una varianza correspondiente a una distribución de probabilidad Gaussiana para cada subconjunto de tonos, obteniéndose dicha distribución de probabilidad mediante un filtrado óptimo;

dicha medida del ruido de fondo constituye una distribución de probabilidad condicional del mínimo de la potencia auxiliar total sobre dicha ventana deslizante;

35 y que comprende además las etapas de

almacenar la distribución de probabilidad de dichas magnitudes de potencia auxiliares combinadas en una ventana deslizante con respecto al tiempo;

40 realizándose dicha división mediante una transformación de la distribución de probabilidad condicional del mínimo de la potencia auxiliar total sobre dicha ventana deslizante; dependiendo dicha transformación del ancho de banda de cada subconjunto de tonos.

6. Método según la reivindicación 5, por el cual dicha etapa de obtener una medida de la interferencia de células vecinas determina (951) la distribución de probabilidad de la potencia de interferencia de células vecinas para cada subconjunto de tonos de acuerdo con una distribución de diferencia entre dicha magnitud de potencia auxiliar y

dichas submedidas del ruido de fondo divididas, las dos para cada subconjunto de tonos.

7. Método según la reivindicación 6, que comprende además la etapa de calcular (952) una estimación óptima de la interferencia de células vecinas, calculándose dicha estimación como una media condicional.

5 8. Método según la reivindicación 7, que comprende además la etapa de calcular (953) una estimación óptima de la interferencia de células vecinas, calculándose dicha estimación como una varianza condicional.

9. Método según una de las reivindicaciones 5 a 7, por el cual la potencia auxiliar depende además de una potencia de fuga calculada, obteniéndose dicha potencia de fuga a partir de la potencia de canal propio para cada subconjunto de tonos.

10. Método según la reivindicación 9, por el cual dicha potencia de fuga se calcula de acuerdo con

$$P_{I(m_i),medición}^L(t) = K \sum_{f_j \in I(m_i)} \sum_{f_k \neq f_j} P_{f_k,medición}(t) \left(\frac{\text{sen} \left(\frac{2\pi(f_k - f_j)}{\Delta f_{\text{tono}}} \right)}{\left(\frac{2\pi(f_k - f_j)}{\Delta f_{\text{tono}}} \right)} \right)^2$$

10

11. Método según una de las reivindicaciones 1 ó 5 a 8, por el cual

dicha potencia auxiliar se selecciona como la potencia total por subconjunto de tonos; y

dicha obtención de una medida de la interferencia de células vecinas se basa además en la potencia del canal propio y la potencia de fuga, las dos para cada subconjunto de tonos.

15 12. Método según la reivindicación 5, que comprende además la etapa de calcular (954) una estimación óptima del ruido de fondo térmico como una media condicional de la distribución de probabilidad.

13. Método según la reivindicación 12, por el cual la interferencia de células vecinas se calcula (955)

calculando la estimación óptima de la distribución de probabilidad en función del ancho de banda para cada subconjunto de tonos y

20 calculando la magnitud de potencia auxiliar menos la potencia de canal de la célula propia menos el ruido de fondo escalado menos la fuga de potencia; cada una de ellas para cada subconjunto de tonos.

14. Método según la reivindicación 8, que comprende la etapa de señalar (96) uno o más de los parámetros estimados para cada subconjunto de tonos para

25 la suma de todas las contribuciones de potencia de radiofrecuencia emitida de terminales móviles en células vecinas, $\hat{P}_{I(m_i)}^N$,

el ruido térmico de las sub-bandas de frecuencia, $\hat{P}_{NF(m_i)}$, y

la potencia de canal propio de terminales móviles en la célula propia $\hat{P}_{I(m_i)}$.

15. Método según la reivindicación 14, que comprende además la etapa de señalar (96) una o más de las varianzas para dichos parámetros estimados.

30 16. Método según una de las reivindicaciones 2 a 5 u 11, que comprende la etapa de señalar (96) uno o más de los parámetros estimados para cada subconjunto de tonos para

la suma de todas las contribuciones de potencia de radiofrecuencia emitida de terminales móviles en células vecinas, $\hat{P}_{I(m_i)}^N$, y

el ruido térmico de las sub-bandas de frecuencia, $\hat{P}_{NF(m_i)}$.

35 17. Nodo (80) en un sistema de comunicaciones inalámbricas, que comprende

medios (81) para medir la potencia de enlace ascendente total por subconjunto de tonos;

medios (82) para medir la potencia de canal propio por el mismo subconjunto de tonos;

medios (83) para combinar para todos los subconjuntos de tonos las magnitudes de potencia auxiliares desde

por lo menos la potencia total de enlace ascendente por subconjunto de tonos a una potencia auxiliar total de banda ancha para la banda de enlace ascendente completa, en donde dichas magnitudes de potencia auxiliares se calculan como la potencia total de enlace ascendente por subconjunto de tonos menos la potencia de canal propio por subconjunto de tonos menos la fuga de potencia de células vecinas;

5 medios (84) para calcular una medida del ruido de fondo térmico sobre la base de dicha magnitud de potencia auxiliar combinada;

caracterizado por

10 medios (85) para obtener una medida de la interferencia de células vecinas para cada subconjunto de tonos a partir de por lo menos dicha medición del ruido de fondo para cada subconjunto de tonos dividiendo dicha medida del ruido de fondo calculada en sub-medidas del ruido de fondo para cada subconjunto de tonos;

medios (86) para señalar dicha medida a otra función en dicho nodo (80) u otro nodo en dicho sistema de comunicaciones inalámbricas.

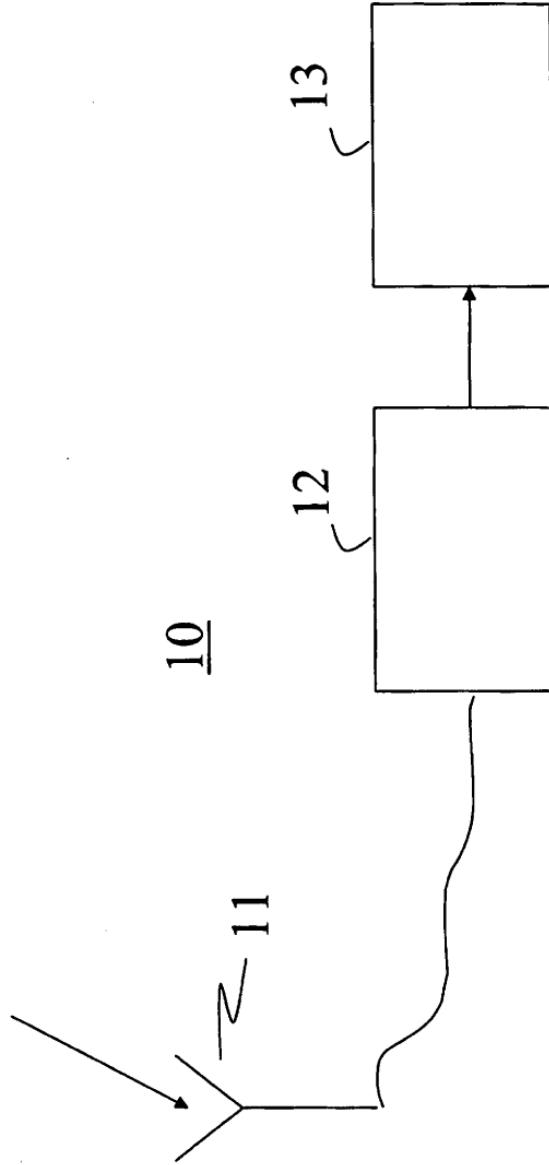


Fig. 1

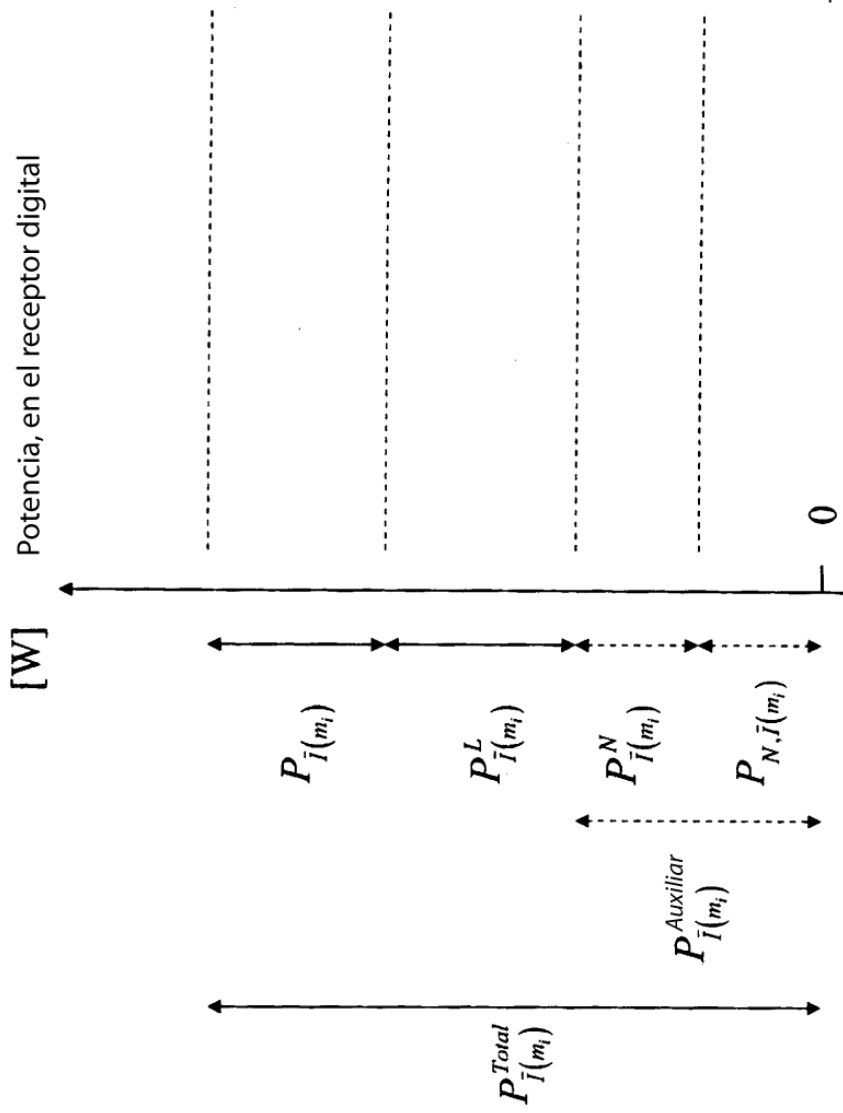


Fig. 2

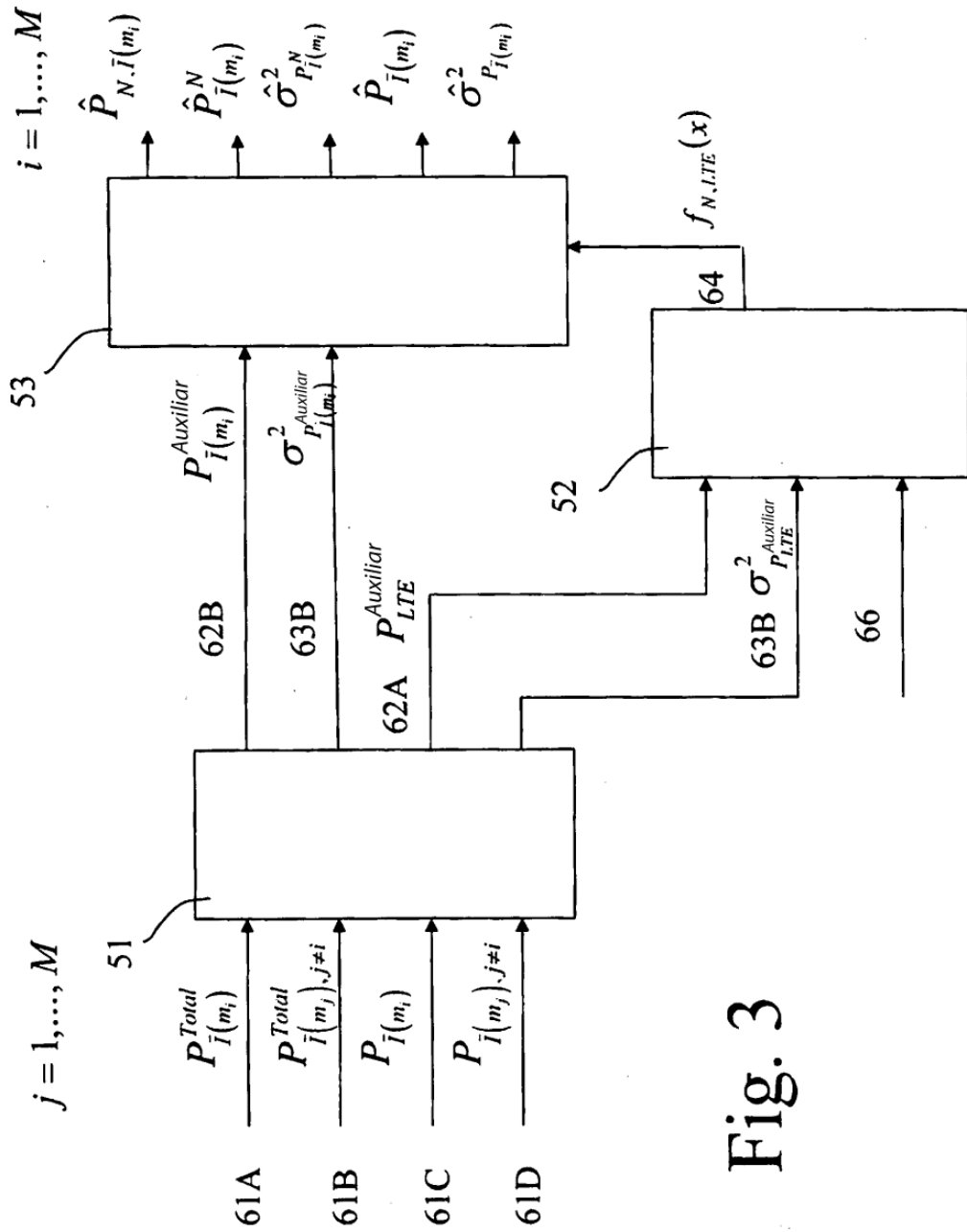


Fig. 3

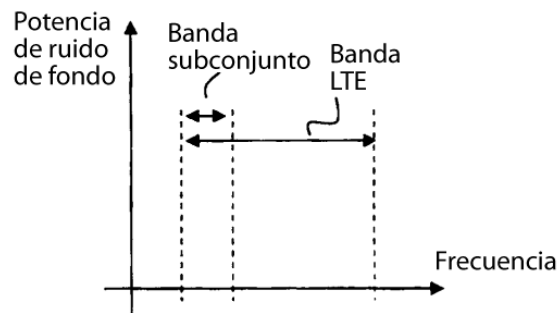


Fig. 4a

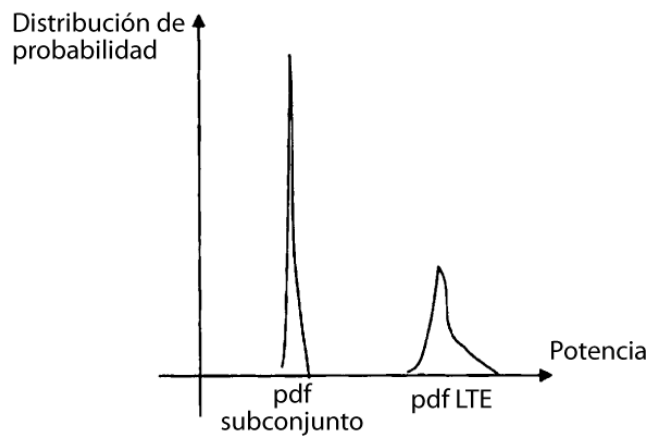


Fig. 4b

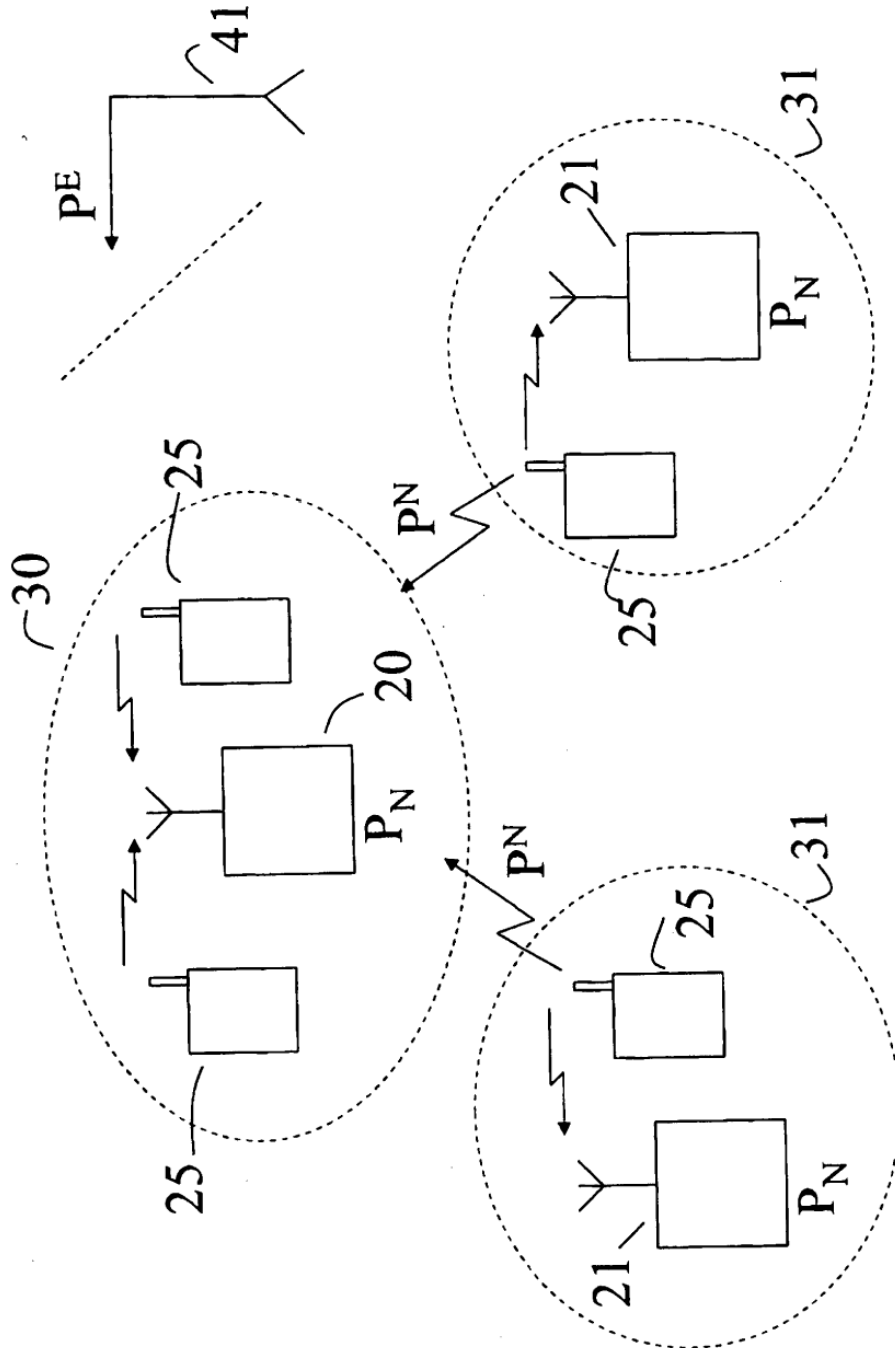


Fig. 5

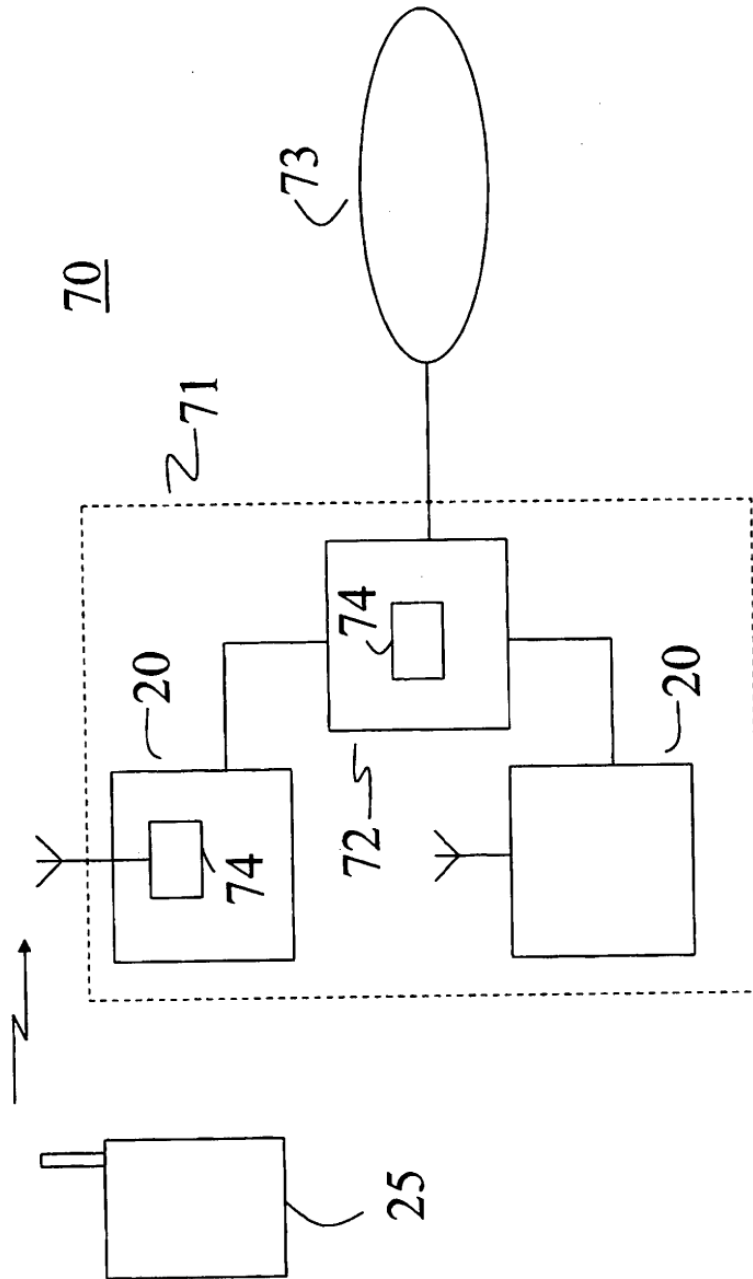


Fig. 6

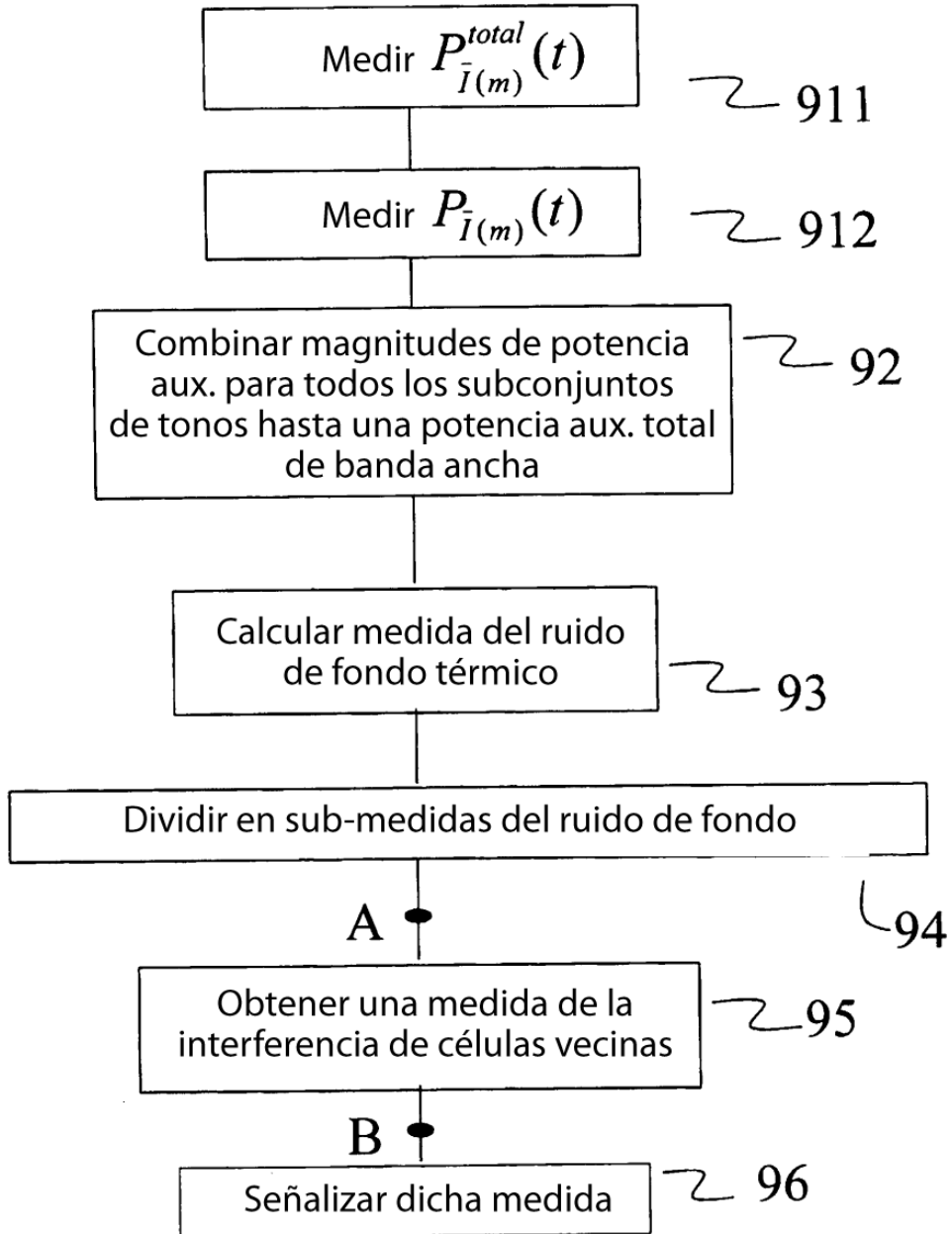


Fig. 7a

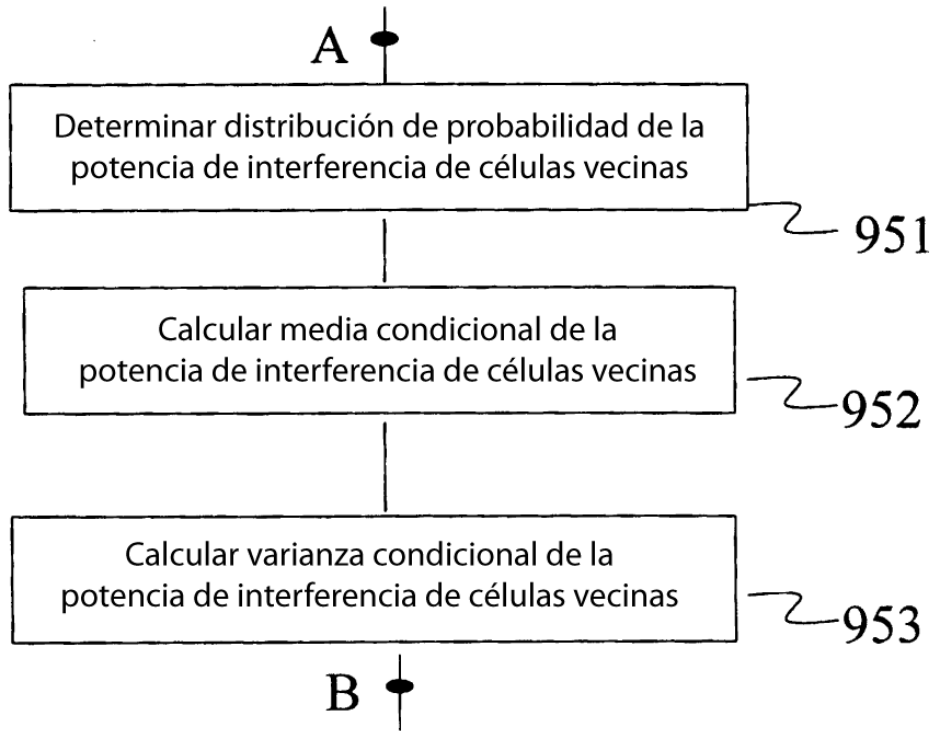


Fig. 7b

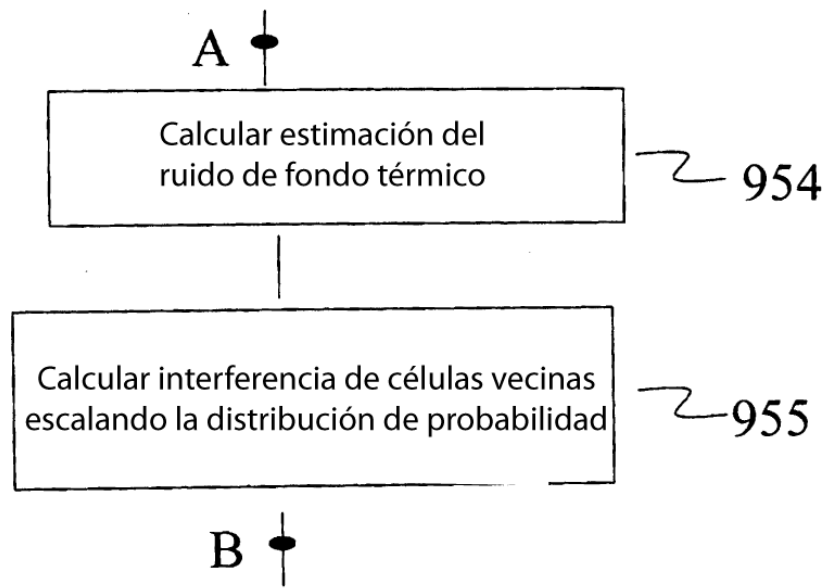


Fig. 7c

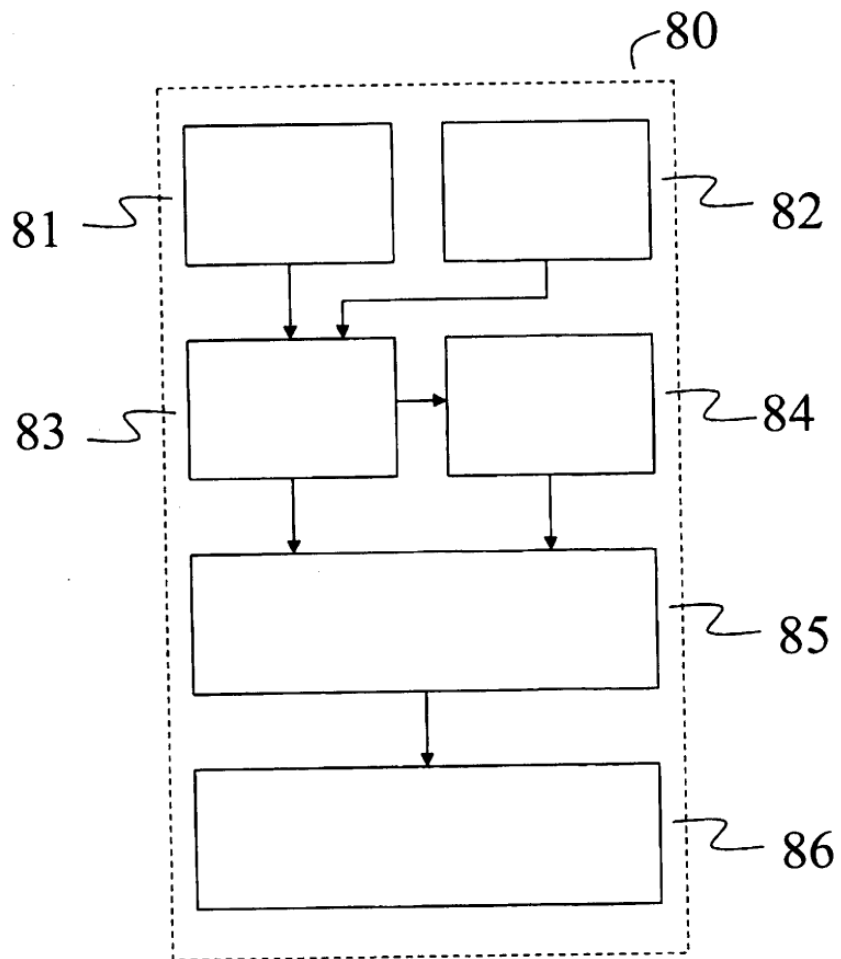


Fig. 8