



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 318 691**

51 Int. Cl.:
H04B 17/00 (2006.01)
G01R 29/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **06251108 .4**
96 Fecha de presentación : **01.03.2006**
97 Número de publicación de la solicitud: **1830495**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **05.09.2007**

54 Título: **Sistema y método para determinar la sensibilidad isotrópica total (TIS).**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
01.05.2009

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
01.05.2009

73 Titular/es: **Research In Motion Limited**
295 Phillip Street
Waterloo, Ontario N2L 3W8, CA

72 Inventor/es: **Qi, Yihong;**
Certain, Michael y
Jarmuszewski, Perry

74 Agente: **Elzaburu Márquez, Alberto**

ES 2 318 691 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

Sistema y método para determinar la sensibilidad isotrópica total (TIS).

5 Campo del invento

El presente invento se refiere al campo de los sistemas de comunicaciones, y más particularmente, a las pruebas de calidad de funcionamiento en sistemas de comunicaciones inalámbricas, tales como sistemas de comunicaciones celulares, y métodos relacionados.

10 Antecedentes del invento

A lo largo de la pasada década, los dispositivos inalámbricos digitales (es decir, celulares) han llegado a ser extremadamente populares entre los consumidores. Como consecuencia, para mantener un alto grado de satisfacción del consumidor, las empresas de telefonía inalámbrica, los fabricantes y organizaciones de certificación han mostrado interés en fijar unos niveles más altos en los procesos de verificación y certificación de los dispositivos celulares.

Para hacer frente a las demandas de un mercado creciente de consumidores diversificado, las empresas ofrecen una amplia gama de dispositivos celulares, tales como teléfonos celulares, asistentes digitales personales (PDA) y teléfonos inteligentes, de diferentes fabricantes. Todos estos tipos de dispositivos dados pueden funcionar en la misma red portadora simultáneamente.

Las empresas de telefonía inalámbrica han estado invirtiendo fuertemente en subastas de radiofrecuencias y en despliegue de infraestructura. Para mantener el grado de satisfacción del consumidor con respecto a la calidad de voz y al mapa de cobertura sin inversión adicional en infraestructura, las empresas se esfuerzan por obtener dispositivos inalámbricos móviles de alta calidad probados con una norma de ensayo de radiofrecuencia (RF) unificada, de forma que la calidad de funcionamiento de los dispositivos inalámbricos de los diferentes fabricantes pueda ser fácilmente comparada y las empresas puedan verificar si estos dispositivos cumplen sus especificaciones de red.

También es conveniente tener una norma de ensayo unificada, de forma que los fabricantes puedan saber si los dispositivos diseñados por ellos pueden obtener la certificación de organizaciones de normalización y cumplir las exigencias de verificación de las empresas durante la etapa de diseño. El ensayo de normalización es crítico para el proceso de diseño debido a que afecta al tiempo para la comercialización de los productos.

Para empresas, fabricantes y organizaciones de certificación tales como los programas Global Certificates Forum (GCF) y PCS Type Certificates Review Board (PTCRB), es deseable tener un método de ensayo que sea fiable, preciso y asequible dentro de un cierto espacio de tiempo. La Cellular Telecommunications & Internet Association (CTIA) tiene una norma de medidas para estaciones móviles en el plan de ensayo de la calidad de funcionamiento en el aire que ha sido ampliamente adoptado por la industria de la telefonía celular. Dos parámetros clave para determinar las capacidades de transmisión y recepción de una estación móvil inalámbrica son la potencia total por radiación (TRP) y la sensibilidad isotrópica total (TIS). La TRP es un número combinado de la ganancia de antena de transmisión media y potencia de transmisión media, que determina la calidad de funcionamiento del enlace ascendente del terminal. La TIS es una cifra única de calidad que cuantifica la capacidad de la estación móvil de recepción de una señal débil que determina la calidad de funcionamiento del enlace descendente del terminal.

Dentro de la norma, el proceso de medida de la TRP es relativamente rápido y preciso en comparación con el método de la TIS. Sin embargo, la calidad de funcionamiento del enlace descendente y del enlace ascendente son de igual importancia. Una TIS deficiente puede dar lugar a una señal de voz de baja calidad, y puede también alterar los mapas de cobertura. La actual metodología de ensayo de la TIS adolece de problemas de señales de la estación base perdidas (es decir, terminación de llamadas), de una relativa gran incertidumbre de medidas y de tiempos de ensayo relativamente largos en comparación con la metodología de ensayo de la TRP.

El documento 2006/017630 expone un aparato y un método para medir la sensibilidad del receptor de terminales móviles e inalámbricos, que está compuesto por una cámara para encerrar el terminal que se va a ensayar (TUT). La cámara tiene paredes de un material reflectante hacia adentro, que hace que las paredes sean reflectantes a las ondas electromagnéticas, y al menos un objeto móvil dentro de la cámara. Los terminales incluyen al menos un receptor y una antena. El aparato comprende además un instrumento para medir la tasa de errores en los bits (BER) o la tasa de errores en las tramas (FER), conectado a una antena dentro de la cámara y configurado para comunicar con el TUT, en el que la señal recibida en el TUT muestra el desvanecimiento obtenido moviendo los objetos móviles dentro de la cámara.

Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 es un diagrama de bloques esquemático de un sistema de ensayo a modo de ejemplo para medir la sensibilidad por conducción del receptor de radiofrecuencia (RF) de acuerdo con el invento.

La Figura 2 es un diagrama de bloques esquemático de un sistema de ensayo a modo de ejemplo para medir la sensibilidad del receptor de RF por radiación de acuerdo con el invento.

ES 2 318 691 T3

Las Figuras 3-5 son diagramas de flujos de métodos a modo de ejemplo de medida de la sensibilidad del receptor RF de acuerdo con el invento.

5 La Figura 6 es un diagrama de flujos de un método a modo de ejemplo para determinar la pérdida de trayectoria RF de acuerdo con el invento.

Las Figuras 7 y 8 son diagramas de flujos de métodos a modo de ejemplo para determinar la pérdida de trayectoria RF entre una fuente RF y un receptor RF con histéresis.

10 Las Figuras 9 y 10 son diagramas de flujos de métodos a modo de ejemplo para la determinación de la Sensibilidad Isotrópica Total (TIS) de un dispositivo de comunicaciones móviles inalámbricas de acuerdo con el presente invento.

15 Las Figuras 11-15 son diagramas de flujos de métodos a modo de ejemplo para la determinación de la pérdida de trayectos de acuerdo con el invento.

Las Figuras 16 y 17 son gráficos de BER en relación con el cambio de nivel de potencia de TCH para diferentes conjuntos de datos, así como las correspondientes BER con respecto a las funciones de nivel de potencia de TCH consiguientes, de acuerdo con el presente invento.

20 La Figura 18 es un gráfico que ilustra ondas sinusoidales aproximadas usando un ajuste por ranura.

La Figura 19 es un gráfico de la variación de histéresis de un dispositivo portátil.

25 La Figura 20 es un diagrama de bloques esquemático de un sistema de ensayo para determinar la TIS de acuerdo con el presente invento.

Descripción detallada de las realizaciones preferidas

30 La presente descripción está hecha con referencia a los dibujos que se acompañan, en la que se muestran realizaciones preferidas. Sin embargo, se pueden usar muchas realizaciones diferentes, y por lo tanto la descripción no debería considerarse como limitada a las realizaciones aquí expuestas. Más bien, estas realizaciones son proporcionadas de forma que esta exposición sea minuciosa y completa. Números iguales se refieren a elementos iguales en toda ella, y la notación con primas simples y múltiples se usa para indicar elementos similares en realizaciones alternativas.

35 Hablando en términos generales, el invento se refiere a un método de ensayo para la determinación de la sensibilidad isotrópica total (TIS) de un dispositivo de comunicaciones inalámbricas que incluye un receptor de radiofrecuencia (RF) y una antena acoplada a él. El método puede incluir medir una sensibilidad del receptor RF, medir un patrón de ganancia tridimensional (3D) de la antena independiente de medir la sensibilidad del receptor RF, y determinar la TIS del dispositivo móvil de comunicaciones inalámbricas basándose en la sensibilidad del receptor RF y en el patrón de ganancia 3D de la antena.

40 Más particularmente, la medida de la sensibilidad puede incluir medir la sensibilidad del receptor RF en un primer nivel de potencia, y medir el patrón de ganancia 3D puede incluir medir el patrón de ganancia 3D de la antena en un segundo nivel de potencia mayor que el primer nivel de potencia. El método puede además incluir calibrar la fuente de potencia RF.

45 El patrón de ganancia 3D puede ser medido midiendo la pérdida de trayectoria de la señal, por ejemplo. Por otra parte, determinar la sensibilidad del receptor puede incluir explorar los niveles de potencia de transmisión de la fuente RF de un indicador de intensidad de la señal recibida (RSSI) asociada con una tasa de errores en los bits (BER) objetivo.

50 Además, el método puede también incluir la medición de una pérdida de trayectoria en el espacio libre entre la fuente RF y una antena de referencia y calibrar el receptor RF basándose en ello. Más particularmente, la pérdida de trayectoria en el espacio libre puede medirse sobre una pluralidad de ángulos de referencia, y la antena de referencia puede ser una antena dipolo. Los diferentes pasos de medida pueden realizarse en una cámara RF anecoica, por ejemplo.

55 Un sistema de ensayo para determinar la sensibilidad isotrópica total (TIS) puede incluir una fuente RF, un dispositivo móvil de comunicaciones inalámbricas que incluye un receptor de radiofrecuencia (RF) y una antena acoplada a él, un enlace de comunicaciones inalámbricas que acopla la fuente RF con el dispositivo móvil de comunicaciones inalámbricas, y un controlador del ensayo acoplado al receptor RF. Más particularmente, el controlador del ensayo puede ser para medir una sensibilidad del receptor RF, midiendo un patrón de ganancia tridimensional (3D) de la antena independiente de la medición de la sensibilidad del receptor RF, y para determinar la TIS del dispositivo móvil de comunicaciones inalámbricas basándose en la sensibilidad del receptor RF y en el patrón de ganancia 3D de la antena.

60 La siguiente descripción está organizada como sigue. Primero, se proporciona una discusión básica de las medidas y problemas de la TIS encontrados en ella, seguido por una visión general del nuevo procedimiento de medida de la TIS expuesto aquí. Sigue una discusión de las nuevas técnicas para determinar la sensibilidad por conducción y por

ES 2 318 691 T3

radiación, la pérdida de trayectoria, y la realización del calibrado del sistema, ciertos aspectos del cual también se usan en el nuevo procedimiento de medida de la TIS. Después de esto se proporciona una discusión adicional del nuevo procedimiento de medida de TIS.

5 La norma sobre TIS de la CTIA mide la sensibilidad por radiación en diferentes ángulos con atenuaciones fijadas dentro del emulador de la estación base. La atenuación es la pérdida de trayectoria en el espacio libre entre la antena de la fuente de doble polarización, que conecta con un emulador de la estación base, y con una antena dipolo normal. El dispositivo en ensayo (DUT) es medido en diferentes ángulos y se realiza una caracterización 3D de la calidad de funcionamiento del receptor móvil recopilando las medidas espaciales. La TIS es un único valor que resume la calidad de funcionamiento tridimensional total del DUT.

10 El procedimiento proporcionado aquí para realizar los ensayos de TIS se refiere a diversos temas fundamentales de las medidas de TIS, los cuales incluyen tiempo de búsqueda, llamadas precisas e interrumpidas. El tiempo de búsqueda se determina por el tiempo requerido para obtener muestras de Tasa de Errores en los Bits (BER) en cada ángulo medido. La obtención de medidas de TIS precisas es muy poco práctico dentro de un tiempo de búsqueda razonable debido a que se gasta mucho tiempo en obtener grandes muestras de BER en pasos afinados de reducción de potencia del transmisor durante el proceso de búsqueda de la sensibilidad, como apreciarán los expertos en la técnica. Las llamadas interrumpidas se producen debido a la dispersión de la ganancia de la antena. Esto es, si en un ángulo de medida dado la ganancia de antena es demasiado baja BER se hace extremadamente alta y la estación base no puede mantener un enlace. Igualmente, en un ángulo de medida dado, si la ganancia de la antena es demasiado alta, el emulador de la estación base podría resultar sobrecargado y terminar la llamada. Para obtener un tiempo de búsqueda razonable la CTIA optó por usar un tamaño de muestra más pequeño y una densidad angular pequeña en comparación con las medidas de la TRP.

25 Hablando en términos generales, el procedimiento expuesto aquí mide independientemente la sensibilidad por radiación radioeléctrica y la ganancia de la antena. Esta metodología es más estable y más rápida que la metodología actual, y proporciona una precisión mayor. La TIS es un único valor angular obtenido de las medidas espacialmente diferentes de la ganancia de la antena móvil y de la sensibilidad general. La medida de la sensibilidad es la potencia de transmisión de la estación móvil (TX) en la cual el móvil notifica de una Tasa de Errores en los Bits Residual (RBER) de Clase II del 2,44 por ciento o menor. A menudo se disminuye la potencia de transmisión de la estación base calibrada hasta que se consigue la RBER deseada. La metodología sobre TIS de la norma CTIA mide la sensibilidad y la ganancia de la antena en un patrón 3D de medida múltiple. Las llamadas terminadas ocurren frecuentemente durante medidas de sensibilidad múltiples, o mientras el cambio de posición del dispositivo móvil a una potencia baja TX del emulador.

35 El método sobre TIS expuesto aquí requiere solamente una medida de la sensibilidad, y puede hacerse midiendo independientemente la ganancia de la antena y la sensibilidad por radiación radioeléctrica. La sensibilidad por radiación radioeléctrica puede realizarse en cualquier ángulo dado. La recepción de notificación sobre la ganancia de la antena se puede obtener mediante las medidas de pérdida de trayectoria notificadas por el Indicador de Intensidad de la Señal de Radio (RSSI).

40 Para conseguir medidas precisas de ganancia de antena absolutas se tienen que tratar ciertos problemas. Un problema es que, dentro de la norma GSM, existe un error de notificación de ± 2 dB en el RSSI. Esto crea un error inherente e inaceptable. Para eliminar tal error, el dispositivo puede ser calibrado en modo por conducción o por radiación, usando un emulador de estación base. Además, la estación base del emulador transmite niveles que pueden ser calibrados para asegurar la notificación satisfactoria del RSSI. Principalmente, el nivel de transmisión de la estación base se calibra usando un equipo relativamente preciso.

50 Para el método de calibrado por conducción, con el nivel de transmisión de la estación base asegurado, se determinan las pérdidas del cable del cable por conducción y las pruebas asociadas. Además, se calcula el nivel de transmisión y las pérdidas del cable asociadas, y se determina la notificación del RSSI del dispositivo móvil en las gamas requeridas. Cualquier desviación del nivel de transmisión esperado (sustrayendo la pérdida de trayectoria del cable) es el error de notificación RSSI, y es registrado para una futura desviación.

55 También se debe tener en cuenta que los emuladores de la estación base registran normalmente datos GSM RSSI como un entero en dB, no como un número decimal de dB. Truncando el sistema numérico de notificación del RSSI, existe un error obligado de la estación base de ± 1 dB. No obstante, mientras que las estaciones base notifican con valores enteros, dichos valores muestran zonas periféricas definitivas en las que el entero cambia al entero consecutivo. Encontrando este valor particular, dados cambios de 0,1 dB dentro del nivel de transmisión, la precisión de notificación del RSSI del emulador de la estación base puede ser cambiada de $\pm 1,0$ dB a 0,1 dB.

60 La búsqueda de pérdida de trayectoria comparada con la búsqueda de sensibilidad de BER es significativamente más eficiente en tiempo, e incluso igual o más precisa en comparación con la metodología CTIA actual. Esta corrección de pérdida de trayectoria puede también usarse para medidas precisas de sensibilidad por radiación radioeléctrica. Estas medidas pueden obtenerse midiendo una muestra grande de BER con la pérdida de trayectoria correcta. Como el método de busca de pérdida de trayectoria sólo mide la sensibilidad de un ángulo, se puede obtener una medida de sensibilidad por radiación radioeléctrica muy precisa.

ES 2 318 691 T3

Dentro del emulador de la estación base, la pérdida de trayectoria en el espacio libre es tenida en cuenta bien física o matemáticamente durante el enlace con la estación móvil. A pesar de que el RSSI puede ser corregido usando inversamente el modo por conducción si la ganancia de la antena parece más deficiente debido a una notificación de RSSI más baja por reducción del nivel de transmisión, la sensibilidad parecerá mejor. La sensibilidad objetivo se elige típicamente para que esté dentro del límite superior en el que el dispositivo móvil puede todavía decodificar las señales recibidas. A modo de ejemplo, una BER objetivo del 2,44% se usa normalmente en muchas aplicaciones de ensayos. La probabilidad de que el móvil se desconecte es mucho más alta en un nivel de potencia que produce una BER en o por encima de la BER objetivo que en un nivel de transmisión que produce una BER relativamente baja. Posteriormente, se elige un nivel de transmisión móvil que pueda crear con seguridad tales condiciones en toda la medida esférica de TIS. Este nivel de transmisión se elige preferiblemente para tener en cuenta valores nulos razonables dentro de la antena.

Sin embargo, un cambio en el nivel de transmisión del emulador de base y también en la lectura del RSSI del dispositivo puede dar lugar a una disociación entre la primera medida y todas las siguientes medidas. Por lo tanto, el RSSI de la estación base y el del móvil están preferiblemente calibrados sobre todas las gamas usadas para asegurar una linealidad de medida adecuada. El RSSI y los errores de sensibilidad se anulan inversamente entre sí. La TIS total es la misma independientemente de la notificación de RSSI y del error inverso causado por la sensibilidad.

La imprecisión en la notificación del RSSI es tenida en cuenta para usar un nuevo método de búsqueda de pérdida de trayectoria planeado. Las llamadas interrumpidas se reducen usando un nivel de transmisión del emulador de la estación base relativamente alto, y la incertidumbre asociada de la curva RSSI se elimina por calibrado. Además, se usa un nuevo método de eliminación para reducir los errores del sistema.

Los emuladores de la estación base registran GSM RSSI como un entero más que como un número racional. Truncando el número notificado, existe un error obligado de ± 1 dB. Como con todos los números truncados existe un área bien definida de cambio entre enteros consecutivos. Esta área puede encontrarse cambiando el nivel de transmisión del emulador de la estación base por la menor resolución posible. El error es después reducido de ± 1 dB a la resolución establecida. Típicamente esta resolución es 0,1 dB, de forma que el error resultante es ± 1 dB. Todos los demás, valores no límite son menores de 1 dB y múltiplos de la menor resolución que puede conseguirse yendo primero al valor límite y cambiando el nivel de transmisión al nivel deseado.

Existen dos métodos diferentes para determinar el valor de cambio entre los valores de RSSI enteros consecutivos notificados. Tomando una posición semialeatoria e incrementando o disminuyendo después en intervalos o pasos de 0,1 dB es un método de búsqueda matemáticamente sencillo de poner en práctica. No obstante, se pueden usar otros métodos de búsqueda. Es conveniente usar un procedimiento que, por término medio, proporcione un aumento de la eficiencia. Esto implica minimizar el número de intentos sucesivos (es decir, pasos) para encontrar el valor límite. Un procedimiento discutido más adelante es el método 5-2-1-1, que se mueve con un patrón "a saltos", o de búsqueda binaria. Como sugiere el nombre, los cuatro movimientos son típicamente 0,5 dB, después 0,2 dB, después dos saltos sucesivos de 0,1 dB. Examinando el RSSI notificado y realizando correcciones en el ajuste de la dirección (positiva o negativa) del paso, se puede determinar el valor límite. También se considera que la notificación del RSSI tiene una histéresis de conmutación que hay que tener en cuenta.

El RSSI, con un error de $\pm 2,0$ dB, no tiene efecto en la TIS debido a la naturaleza inversa de la RSSI sobre la sensibilidad del dispositivo y la ganancia de la antena. Si el RSSI notifica de una forma tal que indica que la pérdida de trayectoria en el espacio libre es menor que la real notificando niveles de transmisión más altos que el nivel de transmisión combinado del emulador de la estación base, la ganancia de la antena parecerá proporcionalmente mayor por la cantidad de la diferencia. Sin embargo, el nivel real de transmisión del receptor en el móvil será más bajo que el esperado, por lo que se alcanza más rápidamente la sensibilidad objetivo. La sensibilidad parecerá así peor en la misma medida en la que la ganancia de la antena parece mejor.

A modo de ejemplo, si la potencia de transmisión es -70 dB, con una pérdida de trayectoria de 40 dB, el RSSI esperado es 110 dB. Si el RSSI tuviera un error de notificación de -108, la ganancia de la antena esperada sería de 2 dB por arriba (para tener en cuenta la diferencia entre la esperada y la notificada). No obstante, basando la medida en el RSSI, el valor en el que el dispositivo está volviendo a la tasa de errores sobre los bits de 2 dB por debajo. En este ejemplo, a pesar de que se supone que el dispositivo está recibiendo una señal de -108 dB, de hecho está recibiendo una señal de 110 dB. Alcanzará la tasa de errores en los bits cuando notifique con 2 dB más alto. La sensibilidad parecerá peor en una cantidad inversa a la mejora de ganancia de la antena, o viceversa. De esta forma, no tendrá efecto, ya que la TIS es una combinación de ganancia y sensibilidad de la antena.

La TIS es una cifra única de calidad que cuantifica la capacidad de la estación móvil de recibir una señal débil. La TIS determina la calidad de funcionamiento del enlace descendente del terminal. La TIS en dB es igual a la sensibilidad por radiación radioeléctrica menos la ganancia de la antena, es decir,

$$TIS = P_s - G_r, \quad (1)$$

65

ES 2 318 691 T3

en donde P_s es la sensibilidad por radiación radioeléctrica y

$$G_r = \frac{1}{4\pi} \int_0^{2\pi} \int_0^{\pi} G(\theta, \phi) \sin\theta d\theta d\phi, \quad (2)$$

en donde $G(\theta\phi)$ es el patrón de potencia de la antena receptora.

Con referencia ahora a la Figura 1, se describe primeramente un sistema de ensayo 30 para medir la sensibilidad por conducción del receptor. El sistema 30 incluye a modo ilustrativo una fuente RF de ensayo 31 acoplada a un dispositivo receptor portátil 32 para ser ensayado por medio de un cable RF 33. A modo de ejemplo, el dispositivo receptor portátil 32 puede ser, por ejemplo, un receptor del Sistema Global para Telecomunicaciones Móviles (GSM), un receptor del Servicio General de Radiocomunicación por Paquetes (GPRS), y/o un receptor de Evolución (EDGE) del Sistema Global Mejorado de Velocidad de Datos para Comunicaciones Móviles (GSM). Naturalmente, también se pueden usar otros receptores inalámbricos apropiados.

Además, la fuente inalámbrica 31 puede ser un comprobador universal de comunicaciones por radio Rohde y Schwarz o un emulador de la estación base Agilent 8960, por ejemplo, aunque también se pueden usar otros emuladores adecuados y/o fuentes RF de ensayo. Un controlador de ensayo 34 se conecta al dispositivo receptor portátil 32 para realizar las diversas operaciones y medidas de prueba, que se discutirán posteriormente con más detalle. Se debería tener en cuenta que mientras la fuente RF 31 y el controlador de ensayo 34 están ilustrados como componentes independientes en la Figura 1, las funciones de la fuente RF y del controlador de ensayo pueden, de hecho, ser realizadas, por ejemplo, por el mismo emulador de la estación base. Alternativamente, el controlador de ensayo 34 podría ser un ordenador o un dispositivo de cálculo independiente de la fuente RF 31, como apreciarán los expertos en la técnica.

La pérdida de trayectoria desempeña un papel importante en la precisión de una medida de sensibilidad por conducción radioeléctrica como podrán apreciar los expertos en la técnica. Una dificultad en la realización de una medida de pérdida de trayectoria en una configuración de ensayo, sin embargo, consiste en que los emuladores de la estación base típicos solamente notifican de un nivel de precisión del receptor de ± 1 dB, como se ha indicado antes, incluso aunque el amplificador interno del receptor 32 pueda tener mucha mayor precisión, por ejemplo, de aproximadamente $\pm 0,1$ dB. Obteniendo notificación sobre el cambio de signo en el nivel de potencia del receptor, la precisión de la pérdida de trayectoria puede, por lo tanto, mejorarse en $\pm 0,1$ dB, como se discutirá más adelante.

En el caso de un ensayo de la sensibilidad por conducción del receptor, la pérdida de trayectoria del cable 33 que conecta el receptor 32 y el emulador de la estación base 31 puede ser bien calibrada. Una medida precisa de pérdida de trayectoria directa implica cambiar la amplificación interna del receptor 32 en incrementos de 0,1 dB hasta obtener el punto límite de RSSI deseado. Sin embargo, si el punto de partida es 0,9 dB del punto límite, habrá que dar muchos pasos y, por lo tanto, llevará un mayor tiempo de medida para encontrar el punto límite. Por consiguiente, se pueden usar esquemas más complejos para reducir el número de pasos que serán necesarios por término medio para encontrar el punto límite y, por lo tanto, reducir los tiempos de prueba.

Por ejemplo, un procedimiento ligeramente más complejo está ilustrado en la Figura 11. Comenzando en el Bloque 110, el nivel de potencia de TCH deseado se fija primeramente en la fuente RF 31, en el Bloque 111. El nivel de amplificación interna del receptor 32 es primeramente cambiado un incremento grosero, tal como la diferencia entre el RSSI notificado del receptor y el nivel de potencia de TCH u otro valor entero, en el Bloque 112. El límite es después encontrado cambiando el nivel de amplificación interna del receptor usando un incremento fino (por ejemplo, 0,1 dB) hasta que se observa la transición del límite para proporcionar la pérdida de trayecto, en los Bloques 113-114, en cuyo punto el valor de la amplificación interna del receptor 32 puede fijarse y/o registrarse (Bloque 115), concluyendo así el método ilustrado (Bloque 116).

Fijado alternativamente, la búsqueda “grosera” cambia la amplificación interna en la diferencia entre el nivel de TCH y el RSSI notificado. Como en el presente ejemplo el RSSI notificado es un valor entero, esto da una precisión de ± 1 dB. La búsqueda “fina” determina entonces el límite entre dos lecturas consecutivas de RSSI.

También pueden usarse otras variantes del procedimiento de detección grosero-fino del punto límite. Hablando en términos generales, las partes groseras de estas búsquedas son bastante similares, de forma que se puede prestar atención especial aquí a las variaciones en la búsqueda fina que pueden usarse como apropiadas para una aplicación dada. Una búsqueda fina generalmente incluye tres etapas. Primero, el RSSI se fija en el nivel deseado ajustando la amplificación interna y el nivel de TCH del emulador de la estación base. A continuación, la amplificación interna se cambia en una serie de incrementos decrecientes sucesivos para encontrar el límite. Estos incrementos deberían estrecharse hasta 0,1 dB (o la precisión del amplificador interno dado) para asegurar que la precisión sea también 0,1 dB. Finalmente, puede ser necesario “retroceder” hacia el punto final, ya que las medidas pueden haber acabado a 0,1 dB del RSSI deseado.

Ahora se describirá otro ejemplo de una búsqueda fina haciendo referencia a la Figura 12. Comenzando en el Bloque 120, el RSSI se fija en el nivel deseado, en el Bloque 121, y la amplificación interna es cambiada en incrementos de 0,2 dB hasta que el RSSI ya no sea notificado más, en los Bloques 122-123. Esto es, después de varios pasos

ES 2 318 691 T3

(típicamente entre uno y cinco), el RSSI devuelto no coincidirá con el nivel deseado ya que la amplificación interna habrá saltado el límite en 0,1 o 0,2 dB. Así, disminuyendo o “retrocediendo” el nivel de amplificación interna en incrementos de 0,1 dB se encontrará el punto límite en uno o dos pasos, en los Bloques 124-125 (dependiendo de si el límite fue saltado en 0,1 o 0,2 dB), concluyendo así el método ilustrado (Bloque 126).

5

Ahora se describirá otro proceso de búsqueda fina haciendo referencia a la Figura 13. Comenzando en el Bloque 130, el RSSI se fija en el nivel deseado, como se ha discutido antes, y después se aumenta la amplificación interna en incrementos de 0,3 dB hasta que el RSSI ya no sea más el valor deseado, en los Bloques 131-133. Una vez que cambia el RSSI, dos exploraciones consecutivas de 0,1 dB producirán un cambio en el RSSI, situando así un límite, en los Bloques 136-138, y la amplificación interna es disminuida en 0,1 dB (Bloque 139), concluyendo así el método ilustrado. Por ejemplo, si el cambio de la suma total es 0,1 dB (por ejemplo +0,2 y después -0,1 dB, que totalizan +0,1 dB) y esto produce un cambio en el RSSI, se ha encontrado un límite. Alternativamente, si la amplificación interna se cambia tres veces (es decir, 0,9 dB) sin que el RSSI cambie del valor deseado, en el Bloque 134, también se ha situado un límite, ya que un cambio de 1,0 dB cambiará el RSSI puesto que se notifica de ellos en enteros.

15

A continuación se describe otro procedimiento a modo de ejemplo con referencia a la Figura 14. Comenzando en el Bloque 140, un RSSI real de comienzo es -80,47 dB, y el RSSI notificado es -80 dB (Bloque 141). La amplificación interna es después aumentada en 0,5 dB, en el Bloque 142, cambiando el valor real RSSI a -79,87 dB, y el RSSI notificado a -79 dB (Bloque 143), que indica que se ha cruzado el límite. El siguiente paso es un decremento de 0,3 dB, en el Bloque 144, el cual cambia el valor real RSSI a -80,17 dB, y el RSSI notificado vuelve a -80 dB (Bloque 145), que indica que el límite ha sido cruzado hacia atrás. Como tal, la amplificación interna se incrementa en 0,1 dB, en el Bloque 146, cambiando el valor real de RSSI a -80,07 dB, y el RSSI notificado permanece en -80 dB (Bloque 147), lo que significa que el límite no fue cruzado. Por lo tanto, se realiza otro incremento de 0,1 dB (Bloque 148), que cambia el valor real a -79,97 dB, y también cambia el RSSI notificado a -79 dB, situando así el límite (Bloque 149), y concluyendo el método ilustrado, en el Bloque 150.

25

Los expertos en la técnica apreciarán que se pueden usar muchos esquemas diferentes de colocación de límites. El primer salto, y cada uno sucesivo, es típicamente cualquier número de 0,1 a 0,9 dB. Los valores de los saltos pueden cambiar o permanecer constantes para cada paso. Para elegir un método apropiado para una aplicación dada, la variación de los datos y la calidad de funcionamiento media son consideraciones importantes. Por ejemplo, con datos relativamente “planos” el procedimiento ilustrado en la Figura 11 puede situar el límite más rápidamente que el procedimiento ilustrado en la Figura 12, pero lo contrario puede ser verdad para datos “en pendiente”, potencialmente con hasta tres pasos hacia arriba.

30

A continuación otro procedimiento más que se describe con referencia a la Figura 15 es un esquema de pérdida de trayectoria en cinco pasos. Comenzando en el Bloque 151, se obtiene el RSSI notificado para un nivel de TCH dado, en el Bloque 152. El primer paso incluye determinar si el RSSI notificado es el mismo que el nivel de TCH, en el Bloque 153. Si lo es, el método avanza al paso dos. Si no, la amplificación interna es incrementada (o disminuida dependiendo de la aplicación particular) en la diferencia del RSSI notificado menos el nivel de TCH dado, en el Bloque 154. El nuevo RSSI notificado es después obtenido (Bloque 152), y para los pasos dos a cuatro la amplificación interna se cambia en incrementos sucesivamente decrecientes de 0,5 dB, 0,2 dB, y 0,1 dB, en el Bloque 156.

35

40

Si el RSSI notificado no es el mismo que el último RSSI notificado después de cada uno de estos cambios, entonces se cambia el signo antes del próximo paso (Bloque 158) para avanzar en la dirección opuesta (es decir, retrocediendo hacia el límite). Una vez que se han realizado los cuatro primeros pasos, el quinto paso implica una vez más determinar si el RSSI notificado es el mismo que el último RSSI notificado, en el Bloque 160, y si lo es cambiar la amplificación interna 0,1 dB una vez más (que será el límite) y obtener el RSSI notificado, en los Bloques 161, 162, para concluir el método ilustrado (Bloque 159). Este procedimiento es ventajoso porque convergerá en el punto límite dentro de cinco pasos, lo que proporciona unos buenos resultados generales para diferentes tipos de curva.

50

A continuación se describirá, con referencia a las Figuras 3 y 4, el uso de una búsqueda de pérdida de trayectoria en un método de ensayo para determinar la sensibilidad del receptor de radiofrecuencia (RF) por conducción de una pluralidad de canales que se extienden sobre una o más bandas de frecuencia. Como apreciarán los expertos en la técnica, la sensibilidad del receptor se define basada en un nivel de potencia de un canal de tráfico (TCH) con una tasa de errores sobre los bits (BER). BER es una medida de la calidad de funcionamiento “de extremo a extremo” que cuantifica la fiabilidad de todo el sistema de radio de “bits dentro” a “bits fuera”, que incluye la electrónica, antenas y la trayectoria de la señal entre ellos.

55

Aparte de la relativamente mediocre precisión de notificación del equipo de ensayo del receptor, otra dificultad en la determinación de la sensibilidad del receptor es que puede ser un proceso que emplea mucho tiempo. Esto es, hay típicamente numerosos canales dentro de una banda celular, y un dispositivo celular puede operar sobre muchas bandas, como se ha advertido antes. De esta forma, una medida de la sensibilidad que abarque todos los canales usados por un dispositivo puede emplear muchas horas, e incluso días, para realizarlo.

60

Para reducir los tiempos de medida de la sensibilidad del receptor, se usa preferiblemente un algoritmo relativamente rápido de búsqueda de la sensibilidad. Comenzando en el Bloque 40, si la pérdida de trayectoria del cable RF 33 no se conoce todavía, usando una de las búsquedas de pérdida de trayectoria anteriormente descritas (u otras) se puede determinar ventajosamente una función de la pérdida de trayectoria, en el Bloque 48'. Más particularmente, la pérdida

65

ES 2 318 691 T3

de trayectoria asociada con el cable RF 33 será diferente para canales diferentes (es decir, frecuencias), pero existirá una relación generalmente lineal entre estos valores de pérdida de trayectoria. Por lo tanto, determinando la pérdida de trayectoria de dos canales independientes (por ejemplo, el canal primero y el último en la banda), se puede generar rápidamente una función lineal de pérdida de trayectoria para el cable RF 33. Esto proporciona una aproximación rápida y precisa de las pérdidas de trayectoria para todos los canales, a pesar de que la pérdida de trayectoria de cada canal podría medirse independientemente en algunas realizaciones, si se deseara.

Además, se determina una BER en relación con la función del nivel de potencia de TCH para un canal inicial, en el Bloque 41. El canal inicial podría ser cualquier canal en la banda, pero con fines explicativos se supondrá que es el primer canal en la banda. Se ha encontrado que dados suficientes tramas de muestreo, la forma general de la función del nivel de potencia de TCH con respecto a BER para un canal dado en una banda de frecuencia será esencialmente la misma para todos los canales restantes en la banda. Esto se debe al hecho de que la función está determinada por el esquema de modulación y por el algoritmo de procesamiento de la señal digital (DSP) del dispositivo portátil. A modo de ejemplo, el GPRS tiene un esquema de modulación GSMK. Como la relación de BER con respecto a energía por bit tiene una forma exponencial, la BER con respecto a la función de nivel de TCH también adopta la forma de una exponencial. Así, una vez que se ha encontrado la forma de esta función para un canal, esta función puede ser usada para situar rápidamente el nivel de TCH/punto BER objetivo para cada uno de los siguientes canales, como se discutirá más adelante.

En particular, la BER en relación con la función normalizada del nivel de potencia de TCH se determina para el canal inicial midiendo los respectivos niveles de potencia de TCH de una pluralidad de BERs dentro de una gama de BER objetivo, y determinando BER en relación con la función del nivel de potencia de TCH basándose en las BERs medidas en la gama de BER objetivo (es decir, el ajuste de curva basándose en los valores medidos), en el Bloque 41'. Hablando de forma general, solamente los valores de BER dentro de una gama objetivo particular serán de interés debido a que los valores fuera de esta gama darán lugar a conexiones interrumpidas, etc. A modo de ejemplo, la gama objetivo puede ser aproximadamente de uno a tres por ciento, aunque otras gamas objetivo pueden ser apropiadas para diferentes aplicaciones. Más adelante se discutirán diversos procedimientos de ajuste de curvas, tales como un método de mínimos cuadrados, para generar BER en relación con la función del nivel de potencia de TCH.

Para encontrar los límites de la gama objetivo de BER se puede usar una búsqueda grosera que implique el escalonamiento del nivel de potencia de TCH en incrementos negativos relativamente groseros (por ejemplo, -1,5 dB) cuando la BER medida es menor de 0,5, e incrementos positivos relativamente groseros (por ejemplo, +2,0 dB) cuando la BER medida es mayor de 3,0. Esto da una aproximación relativamente cercana de los puntos límite de la gama objetivo, y pueden hacerse entonces medidas sucesivas dentro de la gama objetivo en incrementos de nivel de potencia de TCH relativamente finos (por ejemplo, incrementos de 0,1 dB) para proporcionar los puntos de los datos para el ajuste de la curva.

El ajuste de la curva es apropiado debido a que los datos de BER están a menudo acompañados de ruido. Incluso aunque todos los parámetros de control (variables independientes) permanecen constantes, varían los resultados (variables dependientes). Por lo tanto, resulta útil un proceso de estimación cuantitativa de la tendencia de los resultados, también conocido como ajuste de curva. El proceso de ajuste de la curva ajusta ecuaciones de curvas de aproximación a los datos del campo sin tratar, como apreciarán los expertos en la técnica.

Como se ha observado antes, los datos de BER con respecto a la función del nivel de TCH son generalmente exponenciales. Dos procedimientos a modo de ejemplo de ajuste de curva, que pueden usarse para ajustar una curva exponencial, son una aproximación polinómica por mínimos cuadrados y una aproximación por mínimos cuadrados no lineal (es decir, exponencial). Se describe primero la teoría y la aplicación de una aproximación polinómica por mínimos cuadrados. Como los polinomios pueden ser manipulados fácilmente, es común el ajuste de tales funciones a los datos que no están situados linealmente. En el ejemplo que sigue n es el grado del polinomio y N es el número de pares de datos. Si $N = n+1$, el polinomio pasa exactamente por cada punto. Por lo tanto, se debería satisfacer siempre la relación $N > n+1$.

Suponiendo la relación funcional

$$y = a_0 + a_1x + a_2x^2 + \dots + a_nx^n,$$

con errores definidos por

$$e_i = Y_i - y_i = Y_i - a_0 - a_1x_i - a_2x_i^2 - \dots - a_nx_i^n,$$

en donde Y_i representa el valor observado o experimental que corresponde a x_i , con x_i libre de error, la suma de los cuadrados de los errores será

$$S = \sum_{i=1}^N e_i^2 = \sum_{i=1}^N (Y_i - a_0 - a_1x_i - a_2x_i^2 - \dots - a_nx_i^n)^2$$

ES 2 318 691 T3

En un mínimo, las derivadas parciales

$$\frac{\partial S}{\partial a_0}, \frac{\partial S}{\partial a_1}, \dots, \frac{\partial S}{\partial a_n}$$

“desaparecen”, son cero. Escribiendo las ecuaciones para estos términos resultan $n+1$ ecuaciones como las que siguen:

$$\begin{aligned} \frac{\partial S}{\partial a_1} &= \sum_{i=1}^N 2(Y_i - a_0 - a_1 x_i - \dots - a_n x_i^n)(-1) \\ \frac{\partial S}{\partial a_0} &= \sum_{i=1}^N 2(Y_i - a_0 - a_1 x_i - \dots - a_n x_i^n)(-x_i) \\ &\vdots \\ \frac{\partial S}{\partial a_n} &= \sum_{i=1}^N 2(Y_i - a_0 - a_1 x_i - \dots - a_n x_i^n)(-x_i^n) \end{aligned}$$

Dividiendo cada ecuación por -2 y reordenando da $n+1$ ecuaciones normales para ser resueltas simultáneamente:

$$\begin{aligned} a_0 N + a_1 \sum x_i + a_2 \sum x_i^2 + \dots + a_n \sum x_i^n &= \sum Y_i \\ a_0 \sum x_i + a_1 \sum x_i^2 + a_2 \sum x_i^3 + \dots + a_n \sum x_i^{n+1} &= \sum x_i Y_i \\ a_0 \sum x_i^2 + a_1 \sum x_i^3 + a_2 \sum x_i^4 + \dots + a_n \sum x_i^{n+2} &= \sum x_i^2 Y_i \\ &\vdots \\ a_0 \sum x_i^n + a_1 \sum x_i^{n+1} + a_2 \sum x_i^{n+2} + \dots + a_n \sum x_i^{2n} &= \sum x_i^n Y_i \end{aligned}$$

Poniendo estas ecuaciones en forma de matriz se aprecia un patrón notable en los coeficientes de la matriz:

$$\begin{bmatrix} N & \sum x_i & \sum x_i^2 & \sum x_i^3 & \dots & \sum x_i^n \\ \sum x_i & \sum x_i^2 & \sum x_i^3 & \sum x_i^4 & \dots & \sum x_i^{n+1} \\ \sum x_i^2 & \sum x_i^3 & \sum x_i^4 & \sum x_i^5 & \dots & \sum x_i^{n+2} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sum x_i^n & \sum x_i^{n+1} & \sum x_i^{n+2} & \sum x_i^{n+3} & \dots & \sum x_i^{2n} \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \\ \vdots \\ a_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum Y_i \\ \sum x_i Y_i \\ \sum x_i^2 Y_i \\ \vdots \\ \sum x_i^n Y_i \end{bmatrix}$$

Esta ecuación matricial se denomina la matriz normal del problema de los mínimos cuadrados. En esta ecuación $a_0, a_1, a_2, \dots, a_n$ son coeficientes desconocidos mientras que x_i e Y_i están dados. Los coeficientes desconocidos $a_0, a_1, a_2, \dots, a_n$ pueden, por tanto, ser obtenidos resolviendo las ecuaciones matriciales anteriores.

Para ajustar la curva Y_i se requiere conocer qué grado de polinomio se debería usar para mejor ajustar los datos. A medida que aumenta el grado del polinomio, las desviaciones del punto de la curva se reducen hasta que el grado del polinomio, n , es igual a $N-1$. En este punto hay una coincidencia exacta. En términos estadísticos el grado de aproximación del polinomio se aumenta en tanto que hay una disminución estadísticamente significativa en la varianza, σ^2 , que calcula por:

ES 2 318 691 T3

$$\sigma^2 = \Sigma \frac{e_i^2}{N - n - 1},$$

5 El procedimiento ilustrado antes fue programado en dos aplicaciones a modo de ejemplo usando C++ y la matriz normal fue resuelta usando dos métodos diferentes, el procedimiento de Gauss-Jordan y la descomposición LU, como apreciarán los expertos en la técnica. A pesar de que estos métodos dieron unos resultados comparables, se consideró que el método de la descomposición LU era el más conveniente para el programa de aproximación polinómica por mínimos cuadrados debido a que la descomposición LU proporcionaba los resultados de calidad de funcionamiento deseada.

10 El anterior programa denominado C++ fue puesto en práctica de forma que fuera capaz de calcular el coeficiente de la ecuación de ajuste de curva de grado variable. Se usaron polinomios con grados de 2, 3, 4 y 5 para ajustar una curva a los valores de los datos de BER, y se consideró que los polinomios de tercer grado daban los resultados más ventajosos. Más particularmente, los grados mayores de tres no mostraron mejora significativa alguna en la curva ajustada. Por lo tanto, se usó un polinomio de tercer grado para ajustar la curva a los valores de los datos de BER.

15 A continuación se describirá la teoría y puesta en práctica de ajuste de curvas no lineales exponenciales usando el método de los mínimos cuadrados. En muchos casos los datos obtenidos a partir de datos experimentales no son lineales. Como tal, es necesario ajustar alguna otra función distinta de un polinomio de tercer grado a estos datos. Algunas formas comunes que pueden ser usadas son formas exponenciales de un tipo $y=ax^b$ o $y=ae^{bx}$.

20 Las ecuaciones normales de estas formas pueden ser nuevamente desarrolladas fijando las derivadas parciales iguales a cero, pero tales ecuaciones no lineales simultáneas son más difíciles de resolver que las ecuaciones lineales. Debido a esto, estas formas usualmente se linealizan tomando logaritmos antes de determinar los parámetros, por ejemplo, $\ln y = \ln a + b \ln x$, o $\ln y = \ln a + bx$. A continuación se introduce una nueva variable, a saber $z = \ln y$ como una función lineal de $\ln x$ o x . En este caso, en lugar de hacer mínima la suma de los cuadrados de las desviaciones de Y de la curva, se hacen mínimas las desviaciones de $\ln Y$. Para saber qué forma de curva se ajusta mejor a los datos BER, se usó el soporte lógico matemático MathCAD. Se dibujó una curva BER usando el MathCAD y se ajustaron diferentes formas de la curva con los datos de BER. Se consideró que una curva exponencial definida por $y = ce^{ax}$ proporcionaba un ajuste deseable con los datos de BER, aunque otras funciones pueden proporcionar resultados deseados en aplicaciones diferentes.

25 La linealización de datos se usa para ajustar una curva del tipo $y=ce^{ax}$ a los puntos de datos dados como $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_N, y_N)$, en donde x es la variable independiente, y es la variable dependiente, y N es el número de pares x, y . Para linealizar los datos se toman logaritmos en ambos miembros, o sea $\ln y = \ln c + ax$. A continuación se introduce un cambio de variable, o sea $X=x$ e $Y=\ln(y)$, lo cual da lugar a la ecuación $Y=aX+\ln(c)$. Esta ecuación es una ecuación lineal en las variables X e Y , y puede ser aproximada con una "línea de mínimos cuadrados" de la forma $Y=AX+B$. Sin embargo, en este caso $\ln(y)$ se usará para realizar la aproximación por mínimos cuadrados en lugar de y . Comparando las dos últimas ecuaciones se observa que $A=a$ y $B=\ln(c)$. Por lo tanto, $a=A$ y $c=e^B$ se usan para formar los coeficientes que después se usan para ajustar la curva $y=ce^{ax}$.

30 Este procedimiento fue nuevamente programado en C++. La matriz normal que hay que resolver para este método era solamente de 2×2 , que se resolvió con un relativamente alto grado de precisión. Las curvas dibujadas de dos conjuntos diferentes de datos usando este procedimiento están ilustradas en las Figuras 16 y 17.

35 Los procedimientos por mínimos cuadrados exponenciales no lineales y polinómica por mínimos cuadrados descritos anteriormente aproximaban los datos originales con un relativamente alto grado de precisión. Hablando en términos generales, el margen de error de las curvas generadas usando estos tres métodos dará lugar a un margen de error menor de 0,1 dB en la medida de la sensibilidad. Además, los resultados proporcionados por estos métodos están también muy cerca unos de otros. A continuación se muestran los resultados obtenidos realizando la aproximación polinómica por mínimos cuadrados y por mínimos cuadrados exponencial no lineal en los dos conjuntos de datos, a saber el conjunto de datos 1 y el conjunto de datos 2. Aquí "S" representa el error medio cuadrático y "R" representa el Coeficiente de Correlación.

40 Resultados del conjunto de datos 1:

Ajuste mediante un polinomio de tercer grado: $y=a+bx+cx^2+dx^3 \dots$

45 Datos de los coeficientes:

$a = 1,075334$ $S = 1,720$

$b = 0,653063$ $R = 0,99168$

50 $c = 0,097339$

$d = 0,048979$

ES 2 318 691 T3

Ajuste exponencial: $y=ae^{bx}$

Datos de los coeficientes:

5 $a = 1,092514$ Error medio cuadrático (S) = 1,690
 $b = 0,533035$ Coeficiente de correlación (R) = 0,99168

10 Resultados del conjunto de datos 2:

Ajuste mediante un polinomio de tercer grado: $y=a+bx+cx^2+dx^3...$

Datos de los coeficientes:

15 $a = 1,192487$ S = 1,101
 $b = 0,565984$ R = 0,99592
20 $c = 0,164962$
 $d = 0,031628$

25 Ajuste exponencial: $y=ae^{bx}$

Datos de los coeficientes:

30 $a = 1,1846416$ Error medio cuadrático (S) = 1,690
 $b = 0,5021062$ Coeficiente de correlación (R) = 0,99588

35 Para ambos grupos de resultados, el ajuste polinómico tuvo un coeficiente de correlación ligeramente más alto que el ajuste exponencial. Sin embargo, el error medio cuadrático del ajuste polinómico en el conjunto de datos 2 fue menor que en el ajuste exponencial, pero en el conjunto de datos 1 el error medio cuadrático del ajuste exponencial fue menor que en el ajuste polinómico.

40 Basándose en estos resultados, se consideró que el modelo de ajuste exponencial era el más conveniente debido a que no requería la inclusión de tantos términos como la función cúbica. Esto se debe a que el modelo exponencial $y=ae^{bx}$ proporciona casi la misma precisión (es decir, hasta aproximadamente el tercer decimal) que el método polinómico, y también tiene una interpretación física de todos los términos de él. Por supuesto, se puede usar en diversas aplicaciones, si procede, el método polinómico u otros procedimientos, tal como apreciarán los expertos en la técnica.

45 Hablando en términos generales, si los datos que hay que usar en el ajuste de la curva no parece que se aproximan mediante una línea recta, entonces a menudo se pueden usar ecuaciones para ajustar muy bien los datos. Lo primero que se ocurre al considerar el tipo de curva para ajustarse a los datos es un polinomio. Esto es debido a que los polinomios pueden aplicarse sin mucha reflexión previa y normalmente tienen mucho éxito en coincidir con los datos en el gráfico. Sin embargo, cuando se elige un polinomio de mayor grado para ajustar los datos puede ser difícil
50 determinar una base teórica para los coeficientes en la ecuación polinómica. Es preferible tener tal base para la que se elige un modelo particular, y que ese modelo tenga algún tipo de interpretación física de cada uno de los parámetros de él.

55 Son notables las ventajas de usar ecuaciones linealizables para ajustar los datos. Típicamente, las curvas de este tipo son de alguna manera más fáciles de entender o de predecir que los polinomios. Esto es, la elección adecuada de la curva para ajustarse a los datos puede llevar a mecanismos subyacentes de discernimiento que producen los datos. En segundo lugar, las manipulaciones de estas curvas tales como la diferenciación, integración, interpolación y extrapolación pueden realizarse más confiadamente que las que pueden hacerse con polinomios. En tercer lugar, las curvas linealizables a menudo requieren menores números de parámetros para la estimación de valores que los polinomios.
60 En consecuencia, la matriz normal puede ser menor y puede ser resuelta con un relativamente alto grado de precisión. Por lo tanto, esto reduce la necesidad de resolver grandes conjuntos de ecuaciones lineales que a menudo tienen una indeseable cualidad de mala disposición. De esta forma, para los datos de BER los Solicitantes han decidido que es generalmente deseable usar formas no lineales tales como logaritmos, inversiones, y exponenciales para encontrar la curva linealizable para coincidir con la forma de los datos antes de recurrir a un polinomio de un grado mayor.

65 Habiendo generado BER en relación con la función del nivel de potencia de TCH del canal inicial basándose en los valores de BER medidos dentro de la gama objetivo, esta función puede entonces usarse para realizar ventajosamente un búsqueda rápida de la BER deseada y del correspondiente valor del nivel de potencia de TCH en cada uno de los

ES 2 318 691 T3

siguientes canales en una banda de frecuencia dada. Primero, se busca un nivel potencia de TCH estimado o inicial para el canal posterior basándose en la BER en relación con la función del nivel de potencia de TCH, y en la BER deseada, en el Bloque 42. Esto es, una estimación del nivel de potencia de TCH que corresponderá a la BER en el canal posterior se determina y usa como un punto de inicio para dirigirse hacia el nivel de potencia de TCH de la BER deseada. Con fines de la presente discusión, se supondrá una BER deseada de 2,44%, aunque pueden ser apropiadas otras BERs deseadas que hay que cumplir con base en la norma dada o en los requerimientos de la empresa, como apreciarán los expertos en la técnica.

Se debería observar que el nivel de potencia de TCH estimado puede elegirse basándose en la función de pérdida de trayectoria observada anteriormente. Esto es, un procedimiento para determinar el nivel de potencia de TCH estimado del canal posterior es usar el nivel de potencia de TCH estimado del canal inicial que corresponde a la BER deseada (es decir, 2,44%) y desplazar este valor una cantidad igual a la diferencia entre los valores de la pérdida de trayectoria inicial y posterior en la función de pérdida de trayectoria (o los valores reales medidos si no se usa una función de pérdida de trayectoria), como apreciarán los expertos en la técnica (Bloque 42').

Una vez que se ha determinado el nivel de potencia de TCH, a continuación se mide basándose en dicho nivel la BER del canal posterior, en el Bloque 43. Si la BER medida no se encuentra dentro de la gama BER objetivo (por ejemplo, 1,0 a 3%), entonces se puede usar la búsqueda de pasos groseros descrita anteriormente para determinar un nivel de potencia de TCH que esté dentro de la gama. Si la BER medida se encuentra dentro de la gama objetivo es comparada con el valor de BER deseado, y la diferencia (es decir, delta) entre ellos se usa junto con la BER en relación con la función del nivel de potencia de TCH para determinar un próximo nivel de potencia de TCH estimado, en el Bloque 44. De la anterior discusión de la función del nivel de potencia de TCH los expertos en la técnica apreciarán que el siguiente nivel de potencia estimado de TCH puede ser estimado de acuerdo con la relación $\Delta BER = bce^{bx} \Delta TCHlevel$, ya que son conocidos $\Delta BER = y$ y el coeficiente b .

Si la BER medida no se encuentra dentro de una gama umbral de la BER deseada (por ejemplo, $\pm 0,15\%$), en el Bloque 45, se repiten los pasos descritos antes con referencia a los Bloques 43 y 44 hasta encontrar un nivel deseado de potencia de TCH correspondiente a la BER deseada (es decir, dentro de la gama umbral), en el Bloque 46, concluyendo así el método ilustrado en la Figura 3. Aunque, si se desea aún más precisión, se puede usar una aproximación lineal, en el Bloque 46'. Más particularmente, dentro de una relativamente pequeña gama del 0,3% de BER (es decir, el $\pm 0,15\%$ de la gama umbral de BER), la forma de BER en relación con la curva de nivel de potencia de TCH será aproximadamente lineal. Por lo tanto, esta relación lineal puede usarse para proporcionar todavía más precisión, como apreciarán los expertos en la técnica.

Volviendo a hora a las Figuras 2 y 5, a continuación se describirá un sistema de ensayo 30' y un método para determinar la sensibilidad por radiación del receptor. El sistema de ensayo 30' incluye la fuente RF 31' (por ejemplo, un emulador de la estación base), un entorno RF encerrado controlado, y el dispositivo receptor inalámbrico portátil 32'. Como apreciarán los expertos en la técnica, un entorno RF encerrado controlado es un entorno protegido de las ondas electromagnéticas (EM), tal como la cámara anecoica EM 37' ilustrada (que puede ser una cámara totalmente anecoica o semianecoica), una habitación protegida o un recinto RF. Una antena 35', conectada a la fuente RF 31', está situada dentro de la cámara anecoica 37' y conectada con la fuente RF 31' mediante un cable coaxial para simular una estación base. Una antena 36' del dispositivo inalámbrico portátil está también situada dentro de la cámara anecoica 37' y conectada con el receptor portátil 32'. Se debería advertir que en los ensayos típicos el receptor portátil 32' y la antena 36' estarán dentro de un alojamiento del dispositivo, pero estos componentes pueden ser ensayados, si se desea, sin el alojamiento del dispositivo.

Hablando en términos generales, la búsqueda de la sensibilidad por radiación del receptor es la misma que la descrita anteriormente para una búsqueda de la sensibilidad por conducción del receptor con la excepción del proceso de determinación de pérdida de trayectoria. Más específicamente, la relación entre los valores de pérdida de la trayectoria de una pluralidad de canales inalámbricos en una banda de frecuencia típicamente no será una función lineal como es el caso del cable RF 33. Esto es debido a que la pérdida de la trayectoria puede estar afectada por factores tales como la ganancia de la antena, la directividad de la antena y el entorno de medida. Típicamente la pérdida de trayectoria será para diferentes canales inalámbricos.

Incluso así, una función de pérdida de trayectoria puede aún determinarse para la banda de frecuencia usando procedimientos similares a los descritos antes para determinar BER en relación con la función del nivel de potencia de TCH (por ejemplo, una aproximación por mínimos cuadrados, etc), en el Bloque 48". A modo de ejemplo, la búsqueda de pérdida de trayectoria en cinco pasos descrita anteriormente con referencia a la Figura 15 puede realizarse en un subconjunto de los canales dentro de la banda, tal como cada décimo canal. Este método permite ventajosamente la determinación precisa de una función de pérdida de trayectoria para toda la banda a fin de proporcionar estimaciones de pérdida de trayectoria para cada canal, aún sin emplear el tiempo en medir individualmente la pérdida de trayectoria de cada canal. La función de pérdida de trayectoria se usa a continuación para determinar el nivel de potencia estimado de TCH del siguiente canal, en el Bloque 42", como se ha descrito anteriormente.

A continuación se describe con más detalle el proceso de determinación de la pérdida de trayectoria con referencia a la Figura 6. Comenzando en el bloque 60, las pérdidas de trayectoria RF se miden para al menos algunos de los canales RF dentro de la banda de frecuencia RF, en el Bloque 61. Usando el ejemplo anteriormente indicado, la pérdida de trayectoria se mide cada M canales. A modo de ejemplo, M puede ser 10, aunque también se pueden usar

ES 2 318 691 T3

otros intervalos. Se determina una función de pérdida de trayectoria RF basándose en las pérdidas de trayectoria RF de al menos algunos canales RF, en el Bloque 62, y se determina una pérdida de trayectoria de al menos otro canal dentro de la banda de frecuencia RF dada basándose en la función de pérdida de trayectoria RF, en el Bloque 63, concluyendo de este modo el método ilustrado (Bloque 64).

5

La elección de M depende generalmente de la linealidad del sistema. Esto es, un sistema lineal requeriría medir solamente dos puntos, independientemente del número de los canales o de la anchura de la banda de frecuencia. A medida que aumenta la no linealidad u orden del sistema, el orden de una única ecuación de la curva de ajuste aumentaría en la medida correspondiente para obtener un ajuste apropiado. Se puede usar un método por mínimos cuadrados, u otros métodos de ajuste no lineal. Muchos métodos usan inversión de matrices en donde el tamaño está relacionado con el orden de la ecuación. Una inversión es cada vez más compleja y con mayor tendencia a los errores a medida que sus dimensiones aumentan. El método de mínimos cuadrados requiere una inversión de matrices. Debido a la naturaleza de los sistemas radioeléctricos sobre grandes amplitudes de frecuencia, pueden existir respuestas de pérdida de trayectoria de orden más elevado.

15

El ajuste de la curva de pérdida de trayectoria puede también realizarse usando una pluralidad de ranuras. Esto es, muchas ecuaciones parciales sustituyen a una ecuación completa. Los conjuntos de puntos consecutivos (por ejemplo, cuatro puntos consecutivos) están agrupados sobre una base rotatoria. Por ejemplo, los cuatro primeros puntos se usan para generar la primera serie de ranuras, los puntos 2° a 5° de la segunda serie de ranuras, y así sucesivamente. Todas, excepto la primera y la última serie de ranuras, usan solamente puntos intermedios (por ejemplo, la ecuación de los puntos 2 a 3) como ecuaciones de ajuste válidas. Usando los puntos intermedios de las ecuaciones se dejan los dos puntos primero y último sin las respectivas ecuaciones. Diferentes métodos de ranuras varían la formación de la primera y la última ranuras. Un método, una ranura cúbica extrapolada, usa las dos primeras ranuras de la primera serie (por ejemplo, los puntos 1 a 2), las dos últimas ranuras de la última serie (por ejemplo, los puntos 3 a 4). Se pueden usar otros métodos adecuados de ajuste por ranura, como apreciarán los expertos en la técnica.

25

Con referencia a la Figura 18, se muestran dos curvas de ondas sinusoidales producidas a partir de la respectiva serie de ranuras. Cada curva es un ajuste por ranura de una onda sinusoidal. Cada línea es una serie de ranuras dentro del ajuste por ranura. La serie está desplazada -0,5 dB por serie de ranuras para mostrar el solape de la serie de ranuras. Sin el desplazamiento se solaparía la serie de ranuras consecutivas. Los datos se tomaron en uno de cada décimo punto. La figura superior está formada por cuatro ranuras de puntos. La figura inferior muestra la ranura superior con solamente los datos usados transpuestos, como se ha mencionado anteriormente. Las respectivas curvas sinusoidales están desplazadas 4 dB con fines de claridad. Las líneas de trazo continuo y las líneas de puntos muestran la transposición de la línea intermedia de la figura superior a la inferior.

35

Como se ha observado anteriormente, el ajuste de la curva de pérdida de trayectoria reduce el tiempo de medida de los canales no medidos. El tiempo se mejora en sistemas con diferencia de pérdida de trayectoria en canales consecutivos que excede el error de interpolación. La interpolación lineal dará lugar ventajosamente a una precisión típica inferior a $\pm 0,1$ dB. El método de pérdida de trayectoria descrito anteriormente con referencia a la Figura 6 puede ser usado para medidas de pérdida de trayectoria por radiación y por conducción, como apreciarán los expertos en la técnica.

40

Otro factor que puede necesitar ser tenido en cuenta en ciertas medidas de ensayo de pérdida de trayectoria/sensibilidad del receptor es la histéresis del dispositivo portátil en cuestión que se ensaya. Más particularmente, la pérdida de trayectoria del receptor se mide por la comparación de los datos de nivel de TCH del emulador de la estación base con la señal recibida por el dispositivo portátil y retransmitida al emulador como RSSI. Ajustes consecutivos de 0,1 dB de la amplificación del emulador detectarán una zona en la que el cambio en la ampliación produce un cambio en el RSSI. En este punto "límite" la radiación podría oscilar entre dos lecturas del RSSI sin cambio de amplificación. Este punto límite puede ser debido por error del sistema, por cambio de posición o por cambio de intensidad de la señal, por ejemplo. Cuando oscilan las lecturas del RSSI, el dispositivo inalámbrico podría responder cambiando su potencia de transmisión en un patrón oscilatorio similar, lo que afecta a la gestión de la potencia del dispositivo portátil. En consecuencia, muchos fabricantes de dispositivos portátiles aplican un soporte lógico dentro de cada dispositivo móvil para cambiar el límite a fin de tener en cuenta este problema.

55

Más particularmente, el problemático punto límite RSSI único se divide en dos valores diferentes. Estos dos puntos están a caballo sobre el punto límite real una cantidad típicamente menor de 0,5 dB, que está fijada dentro del dispositivo portátil. A medida que cambia el nivel de TCH recibido, el punto límite RSSI será notificado prematuramente, como se muestra en la Figura 19. Este sistema de límite dual, conocido como histéresis, disminuye la probabilidad de cualesquiera oscilaciones dentro del RSSI y del control de potencia TX. A medida que disminuye el RSSI del dispositivo, cambiará el RSSI notificado al emulador de la estación base de una forma tal para eliminar cualesquiera oscilaciones si el dispositivo RSSI aumenta solamente una pequeña cantidad.

60

Mientras que la histéresis evita oscilaciones, también crea un desplazamiento del límite de RSSI verdadero. Para un dispositivo conocido con histéresis conocida, el valor puede aplicarse como un desplazamiento a cada canal. Para un dispositivo desconocido, la histéresis puede necesitar ser definida usando un algoritmo por pasos, y después descompuesta en factores en cada canal de pérdida de trayectoria. La histéresis se elimina para obtener el punto límite verdadero. La histéresis típicamente se aplica a todos los canales lo mismo dentro de una banda dada.

65

ES 2 318 691 T3

A continuación se describe a modo de ejemplo, con referencia a la Figura 7, un método para determinar la pérdida de trayectoria que incluye una búsqueda de histéresis. Se debería advertir que este procedimiento puede usarse para pérdida de trayectoria por conducción o para pérdida de trayectoria por radiación, como apreciarán los expertos en la técnica. Comenzando en el Bloque 70, se determina un par de límites de histéresis en torno a una determinada transición de valor de RSSI en el receptor RF eliminando los valores de potencia RF transmitidos desde la fuente RF en direcciones de aumento y de disminución, en el Bloque 71. Se determina una relación entre los valores de potencia RF de granularidad relativamente fina y los valores de RSSI de granularidad relativamente grosera usando los límites de transición de la histéresis, en el Bloque 72. Más particularmente, como el punto de transición de RSSI del receptor 32 o 32' está situado a mitad de camino entre los límites de transición de la histéresis, la situación de la transición de RSSI real con relación al nivel de potencia de TCH puede determinarse una vez que los niveles de potencia de TCH correspondientes a los límites de transición de histéresis son conocidos. La pérdida de trayectoria RF de un canal dado puede entonces determinarse basándose en un RSSI dado en un valor de potencia RF dado y en la relación determinada entre los valores de potencia RF de granularidad relativamente fina y los valores de RSSI de granularidad relativamente grosera, en el Bloque 73, concluyendo de esta forma el método ilustrado (Bloque 74).

La exploración encuentra el punto límite cuando el nivel de TCH es aumentado y disminuido. A modo de ejemplo, los valores de RSSI de granularidad grosera pueden ser en incrementos de 1,0 dB (es decir la precisión notificada del receptor portátil), mientras que los incrementos de granularidad relativamente fina pueden ser en incrementos de 1,0 dB (es decir, la precisión del amplificador o amplificadores internos del receptor). Para encontrar el primer límite, la amplificación interna del receptor puede ser aumentada con incrementos de +0,1 dB hasta que se encuentre el límite. Después, se pueden dar pasos de +1,0 dB, seguido por una serie de pasos de -0,1 dB hasta encontrar el segundo límite. El valor real de RSSI estará situado en el punto medio entre los dos límites. Se debería advertir que la dirección primeramente medida no tiene peso en los resultados, ya que cualquiera de los dos límites puede ser encontrado primero. Esto es, el primer límite de histéresis podría ser encontrado con pasos de -0,1 dB, seguidos por un paso de 1,0 dB y pasos de +0,1 dB para encontrar el segundo límite de histéresis, como apreciarán los expertos en la técnica.

A continuación, con referencia a la Figura 8, se describen aspectos adicionales del método de ensayo. La fuente RF 31 o 31' transmite valores de potencia RF con una granularidad relativamente fina, y el receptor RF 32 o 32' genera valores de RSSI con una granularidad relativamente grosera y tienen una histéresis desconocida con respecto a cada transición entre valores contiguos de RSSI, como se ha observado antes. Se transmite una señal desde la fuente RF 31 o 31' a un nivel de potencia RF inicial, y se mide un valor de RSSI inicial correspondiente del receptor RF 32 o 32', en el Bloque 80'. Se fija una amplificación interna inicial de la fuente RF 31 o 31' basada en la diferencia entre el nivel de potencia RF inicial y el correspondiente valor inicial de RSSI, en el Bloque 75', para de esta forma calibrar el receptor RF 32 o 32' con la fuente RF.

Además, el método puede también incluir la repetición de los tres pasos de determinación para al menos otro canal RF dado en la banda de frecuencia RF dada para determinar una pluralidad de pérdidas de trayectoria RF, en los Bloques 76' y 77', y la determinación de una función de pérdida de trayectoria RF basándose en la pluralidad de pérdidas de trayectoria RF en el Bloque 78', usando un algoritmo de mínimos cuadrados, una pluralidad de ranuras, etc, como se ha discutido anteriormente. Una pérdida de trayectoria RF de al menos otro canal dentro de la banda de frecuencia RF dada puede entonces determinarse basándose en la función de pérdida de trayectoria RF, en el Bloque 79'.

Volviendo ahora adicionalmente a las Figuras 9, 10, y 20, a continuación se describe un sistema de ensayo 30'' y métodos para determinar la sensibilidad isotrópica total (TIS). Como se ha discutido antes brevemente, existe un fuerte interés en crear especificaciones más estrictas para los dispositivos portátiles tales como los teléfonos celulares, PDAs, y teléfonos inteligentes. Hay numerosos modelos y fabricantes que tienen dispositivos que operan en la misma red al mismo tiempo. La diferencia de calidad de funcionamiento afectará al mapa de cobertura de cada dispositivo específico. Para mantener la satisfacción de la red, las empresas buscan una norma para asegurar que los dispositivos aceptados alcancen la calidad de funcionamiento en su mapa de cobertura de la red. La Cellular Telecommunication and Internet Association (CTIA) ha desarrollado una metodología de ensayo de un sistema transmisor y receptor. La calidad de funcionamiento de un sistema transmisor y receptor se cuantifica por la potencia de radiación total (TRP) y la TIS, respectivamente.

Una diferencia significativa entre el TRP y la TIS puede ser debido a un enlace radioeléctrico ascendente no equilibrado y a la calidad de funcionamiento del enlace descendente, que a su vez afecta al mapa de cobertura de radio de la red y a la gestión de potencia de los dispositivos portátiles. Para proporcionar un buen servicio a los abonados y un uso eficiente de los recursos de frecuencias de la red, las empresas explotadoras de la red y las organizaciones reguladoras continúan especificando límites más estrictos para la TRP y la TIS radioeléctricas. Los fabricantes de dispositivos portátiles, a su vez, mejoran sus diseños para cumplir estos requerimientos, y se hace necesario determinar las características RF del dispositivo portátil con niveles cada vez mayores de precisión. La calidad del trayecto del enlace descendente (es decir, la TIS) es más complicado y lleva más tiempo de medir en comparación con la calidad de la trayectoria del enlace ascendente (es decir, la TRP). Las medidas de la TRP son rápidas y precisas en una fracción de un dB. La medida actual de la TIS adoptada por la CTIA, por otra parte, emplea mucho tiempo y solamente consigue una precisión de aproximadamente $\pm 2,0$ dB.

ES 2 318 691 T3

La sensibilidad es un parámetro importante de un receptor y un componente fundamental de la TIS. Como se ha observado antes, una medida de la sensibilidad del receptor con el extremo frontal y la antena unidos es denominada una medida de sensibilidad por radiación. La sensibilidad por radiación y la ganancia de la antena de receptor determinan conjuntamente la capacidad radioeléctrica de detectar una señal débil delante de la antena. Sin embargo, adquirir una sensibilidad precisa es un proceso que lleva tiempo. El método de la CTIA busca sensibilidad por radiación en todos y cada uno de los ángulos de medida. Esto da lugar a unos tiempos de ensayo largos y a llamadas interrumpidas (el móvil se desconecta). Los resultados inexactos por falta de dirección relativos al método calibrado del mismo error o error absoluto, que pueden ser causa de errores del sistema acumulados mayores. Las características del transmisor y del receptor son igualmente importantes en un mapa de cobertura de la red en una red celular de enlace equilibrado.

La Cellular Telecommunications & Internet Association (CTIA) proporciona un programa de certificación y de plan de ensayos para estaciones móviles sobre la calidad de funcionamiento en el aire, que está expuesto en el documento titulado "Method and Measurement for Radiated RF Power and Receiver Performance", Revisión 2.0, Marzo 2003. La TIS es una cifra única de calidad que caracteriza la calidad de funcionamiento del enlace descendente radioeléctrico. Una medida normal de la TIS especificada por la CTIA se realiza en una cámara anecoica con antena normal 37" con un posicionador 38". Más particularmente, el posicionador 38" es un posicionador tridimensional (3D) para método del gran círculo, y se usa un posicionador bidimensional para el método de corte cónico, como apreciarán los expertos en la técnica. Se fija la pérdida de trayectoria o atenuación de un emulador de la estación base para la pérdida de trayectoria de una antena dipolo normal. Esto es, el resultado de la antena isotrópica teórica puede obtenerse mediante una antena dipolo calibrada. La sensibilidad se mide cada treinta grados a lo largo del patrón esférico para la pérdida de trayectoria de la antena dipolo fija.

Existen diversos inconvenientes asociados con la metodología de medidas actual de TIS según la CTIA. Primero, la sensibilidad se mide en todos y cada uno de los ángulos. Esto consume mucho tiempo, ya que las medidas de TIS llevan mucho más tiempo que las medidas de TRP. Además, un cambio considerable en el patrón de radiación de la antena del dispositivo inalámbrico portátil puede dar lugar a una o dos circunstancias que producen llamadas interrumpidas. Esto es, bien la señal en el dispositivo portátil es demasiado baja, que es causa de un enlace perdido, o la señal en el extremo del emulador de la fuente RF 31" es demasiado alta, y satura el terminal receptor del emulador. Además, el calibrado de la pérdida de trayectoria de la antena dipolo con un equipo distinto de un emulador de estación de base afecta al error acumulado en la gama de $\pm 0,1$ dB. Para reducir el tiempo de medida, la metodología TIS de la CTIA mide cada treinta grados, mientras que las medidas de TRP se toman cada quince grados. Esto da lugar a un error de muestreo de la medida de TIS con respecto a la medida de TRP.

Como se ha descrito anteriormente, TIS y TRP son las dos de una importancia significativa para la determinación del mapa de cobertura de una red celular, y mejorar la precisión de la medida y acortar el tiempo de medida es muy importante para las organizaciones reguladoras, los fabricantes y las empresas. Hablando en términos generales, empezando en el Bloque 90, el método ilustrado incluye medir la sensibilidad del receptor RF 32", en el Bloque 91, lo que puede hacerse usando las técnicas descritas anteriormente. Además, el patrón de ganancia 3D de la antena 36" se mide independientemente de la medida de la sensibilidad del receptor RF 32", en el Bloque 92. Se debería tener en cuenta que el orden de las medidas del patrón de sensibilidad y ganancia puede ser invertido, si se desea. La TIS del dispositivo de comunicaciones inalámbricas se determina después basándose en (es decir, combinando) la sensibilidad del receptor RF 32" y el patrón de ganancia 3D de la antena 36", concluyendo de esta forma el método ilustrado en la Figura 9 (Bloque 94).

La CTIA admite que las medidas de TIS requieren sensibilidad por radiación y ganancia de antena. Los Solicitantes han decidido que la sensibilidad por radiación es sustancialmente independiente del ángulo de medida, lo que permite que la ganancia de la antena y la sensibilidad sean medidas separada o independientemente. Determinando estas características separadamente, se puede conseguir una precisión mejorada y un tiempo de ensayo menor.

El error del sistema contribuye a incertidumbre en la medida. El error en la calibración del equipo en la gama dinámica de interés (es decir, la banda de frecuencias) preferiblemente debería ser eliminado calibrando la fuente RF 31", en el Bloque 95'. Para una medida de TIS un emulador de la estación base actúa como un transmisor para un dipolo y dispositivos portátiles. El nivel de potencia absoluto relativamente inexacto de la fuente RF 31" puede ser calibrado usando un equipo más preciso. Por ejemplo, se puede usar un medidor de potencia que tenga una precisión absoluta de $\pm 0,02$ dB. Por otra parte, se puede generar una función de calibrado el nivel de potencia resultante para desplazar el error del sistema sobre una pluralidad de canales en una banda de frecuencia dada de una forma similar a la generación de la función de pérdida de trayectoria descrita anteriormente, como apreciarán los expertos en la técnica.

En el siguiente sistema de calibrado se puede usar una antena dipolo o de ensayo normal para calibrar la pérdida de trayectoria en el espacio libre, en el Bloque 96'. La potencia del receptor portátil 32" en el lado del receptor de la antena 36" es notificada como la RSSI. Como se ha advertido antes, la precisión de notificación de RSSI es ± 2 dB. Los Solicitantes han decidido que este error de notificación sea opuesto al error de medida de la sensibilidad. De esta forma, el error del sistema de la notificación de RSSI puede ser eliminado o anulado. Para una gama dinámica diferente se puede usar la función de calibrado de potencia de la estación base para calibrar el error de RSSI debido a la diferente gama de notificación. Para la precisión de notificación del equipo de más de 0,1 dB (por ejemplo, la precisión de notificación para la CMU es ± 1 dB), una búsqueda de pérdida de la trayectoria descrita antes se usa para mejorar la precisión de la búsqueda en 0,1 dB. Nuevamente, la medida de la ganancia de la antena está basada en la medida

ES 2 318 691 T3

de la pérdida de trayectoria, ya que la notificación sobre la pérdida de trayectoria proporciona la correspondiente notificación de ganancia de la antena. Esto es, la notificación de TIS puede determinarse basándose en la naturaleza inversa del RSSI que informe sobre la sensibilidad del dispositivo y en la ganancia de la antena como se ha advertido antes, como apreciarán los expertos en la técnica.

5 Prácticamente, la potencia de la fuente RF 31'' estaría a un nivel relativamente alto para reducir la incertidumbre de la medida del algoritmo DSP y de las llamadas interrumpidas en el bucle de comunicación. En una medida de la sensibilidad por radiación, la pérdida de trayectoria medida se aparta de la trayectoria desde el emulador de la estación base a través de la antena. Esta diferencia puede ser calibrada por la función de calibrado de la potencia de la estación base, como apreciarán los expertos en la técnica.

10 El uso de un emulador de la estación base para medir el TIS RF de GSM, GPRS y/o dispositivos inalámbricos portátiles, por ejemplo, para un único canal radioeléctrico es un proceso en dos etapas. La primera etapa es la medida de la sensibilidad por radiación en la que se mide la sensibilidad por radiación del dispositivo portátil (que incluye la pérdida de trayectoria). Se mide la sensibilidad del receptor RF 32'' en un primer nivel de potencia explorando los niveles de potencia de transmisión de la fuente RF 31'' para un valor de RSSI asociado con una BER objetivo, como se ha discutido anteriormente, en el Bloque 91'.

20 El segundo paso es la medida de la ganancia de la antena. Como se ha advertido antes, la metodología TIS actual mide simultáneamente la sensibilidad de la antena y de radiación, en la que la notificación de la ganancia de la antena se mezcla con la medida de BER en ángulos diferentes. La separación de la medida de la ganancia y de la sensibilidad permite medir el patrón de ganancia de la antena por medio de un algoritmo de búsqueda de pérdida de trayectoria mucho más rápido en lugar de una búsqueda de la sensibilidad en cada ángulo, que consume mucho tiempo. El patrón 3D de ganancia de la antena 36'' del dispositivo portátil se mide en un segundo nivel de potencia mayor que el primer nivel de potencia midiendo la pérdida de señal usando los procedimientos esbozados anteriormente (por ejemplo, la búsqueda de pérdida de la trayectoria en cinco pasos ilustrada en la Figura 15), en el Bloque 92'. El calibrado de la curva de potencia del emulador de la estación base puede usarse no solamente para calibrar la incertidumbre de medida absoluta de la antena dipolo en la gama de frecuencia (es decir, banda) de interés, sino también para calibrar el error de notificación de RSSI en una gama de notificación diferente.

30 En particular, el cálculo TIS está basado en la siguiente fórmula:

$$35 \quad TIS = \frac{4\pi P_s}{\int [G_{\theta,EUT}(\theta, \phi) + G_{\phi,EUT}(\theta, \phi)] \sin\theta \, d\theta \, d\phi},$$

en la que

40 P_s = sensibilidad por radiación,

$G_{\theta,EUT}$ = patrón de radiación de la antena de polarización θ , y $G_{\phi,EUT}$ = patrón de radiación de la antena de polarización ϕ , como apreciarán los expertos en la técnica.

45 A los expertos en la técnica se les ocurrirán muchas modificaciones y otras realizaciones que aprovechen las enseñanzas expuestas en las anteriores descripciones y en los dibujos asociados. Por lo tanto, se entiende que se pretenda incluir diversas modificaciones y realizaciones dentro del alcance de las reivindicaciones anejas.

50

55

60

65

ES 2 318 691 T3

REIVINDICACIONES

1. Un método de ensayo para determinar la sensibilidad isotrópica total TIS de un dispositivo móvil de comunicaciones inalámbricas que tiene un receptor de radiofrecuencia RF y una antena acoplada a él basándose en transmisiones desde una fuente RF (31, 31'), comprendiendo el método:
- 5 medir una sensibilidad del receptor RF (32, 32');
10 medir un patrón de ganancia 3D tridimensional de la antena independiente de la medición de la sensibilidad del receptor RF; y
15 determinar la TIS del dispositivo móvil de comunicaciones inalámbricas basándose en la sensibilidad del receptor RF y en el patrón de ganancia 3D de la antena.
2. El método de la Reivindicación 1, en el que medir la sensibilidad comprende medir la sensibilidad del receptor RF (32, 32') en un primer nivel de potencia, y en el que medir el patrón de ganancia 3D comprende medir el patrón de ganancia 3D de la antena en un segundo nivel de potencia mayor que el primer nivel de potencia.
- 20 3. El método de la Reivindicación 1, que además comprende el calibrado de la fuente RF (31, 31').
4. El método de la Reivindicación 1, en el que medir el patrón de ganancia 3D comprende medir el patrón de ganancia 3D midiendo la pérdida de trayectoria de la señal.
- 25 5. El método de la Reivindicación 1, en el que determinar la sensibilidad del receptor comprende explorar los niveles de la potencia de transmisión de la fuente RF (31, 31') de un indicador de intensidad de una señal recibida (RSSI) asociado con una tasa de errores sobre los bits BER.
- 30 6. El método de la Reivindicación 1, que además comprende medir una pérdida de la trayectoria en el espacio libre entre la fuente RF (31, 31') y una antena de referencia y calibrar el receptor RF (31, 31') basándose en ella.
- 35 7. El método de la Reivindicación 6, en el que medir la pérdida de trayectoria en el espacio libre comprende medir la pérdida de trayectoria en una pluralidad de ángulos de referencia.
- 40 8. El método de la Reivindicación 6, en el que la antena de referencia comprende una antena dipolo.
9. El método de la Reivindicación 1, en el que los pasos de medida se realizan en una cámara RF anecoica.
10. Un sistema de ensayo para determinar la sensibilidad isotrópica total TIS que comprende:
- 45 una fuente RF (31, 31');
50 un dispositivo móvil de comunicaciones inalámbricas que comprende un receptor RF de radiofrecuencia y una antena acoplada a él;
55 un enlace de comunicaciones inalámbricas que acopla dicha fuente RF a dicho dispositivo móvil de comunicaciones inalámbricas; y
60 un controlador de ensayo (34, 34') acoplado a dicho receptor RF (32, 32') para
65 medir una sensibilidad de dicho receptor RF,
70 medir un patrón de ganancia 3D tridimensional de la antena independientemente de medir la sensibilidad del receptor RF, y
75 determinar la TIS de dicho dispositivo móvil de comunicaciones inalámbricas basándose en la sensibilidad de dicho receptor RF y en el patrón 3D de dicha antena.
11. El sistema de la Reivindicación 10, en el que dicho controlador de ensayo (34, 34') mide la sensibilidad de dicho receptor RF (32, 32') en un primer nivel de potencia, y mide el patrón 3D de ganancia de dicha antena en un segundo nivel de potencia mayor que el primer nivel de potencia.
12. El sistema de la Reivindicación 10, en el que dicho controlador de ensayo (34, 34') mide el patrón 3D de ganancia midiendo la pérdida de la trayectoria de la señal en una pluralidad de ángulos de referencia.
13. El sistema de la Reivindicación 10, en el que dicho controlador de ensayo (34, 34') mide la sensibilidad del receptor explorando los niveles de potencia de transmisión de dicha fuente RF (31, 31') de un indicador de intensidad de la señal recibida RSSI asociado con una tasa de errores sobre los bits BER objetivo.

ES 2 318 691 T3

14. El sistema de la Reivindicación 10, que además comprende medir una pérdida de la trayectoria en el espacio libre entre la fuente RF (31, 31') y una antena de referencia y calibrar el receptor RF (32, 32') basándose en él.

5 15. El sistema de la Reivindicación 10, en el que medir la pérdida de la trayectoria en el espacio libre comprende medir la pérdida de la trayectoria en una pluralidad de ángulos de referencia.

16. El sistema de la Reivindicación 10, en el que la antena de referencia comprende una antena dipolo.

10 17. El sistema de la Reivindicación 10, en el que los pasos de medida se realizan en una cámara RF anecoica.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

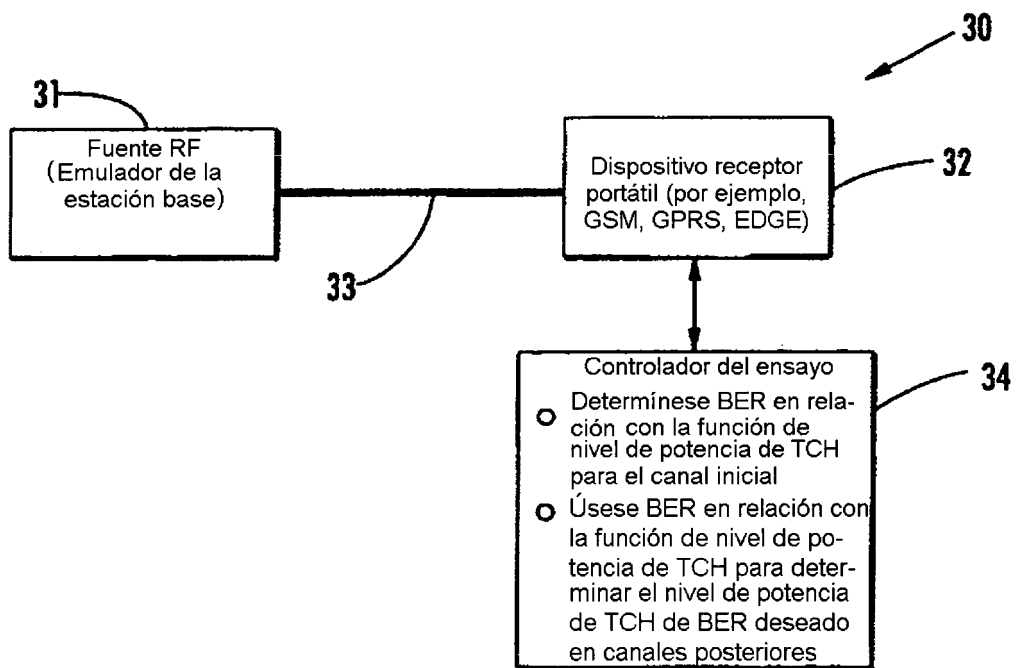


FIG. 1

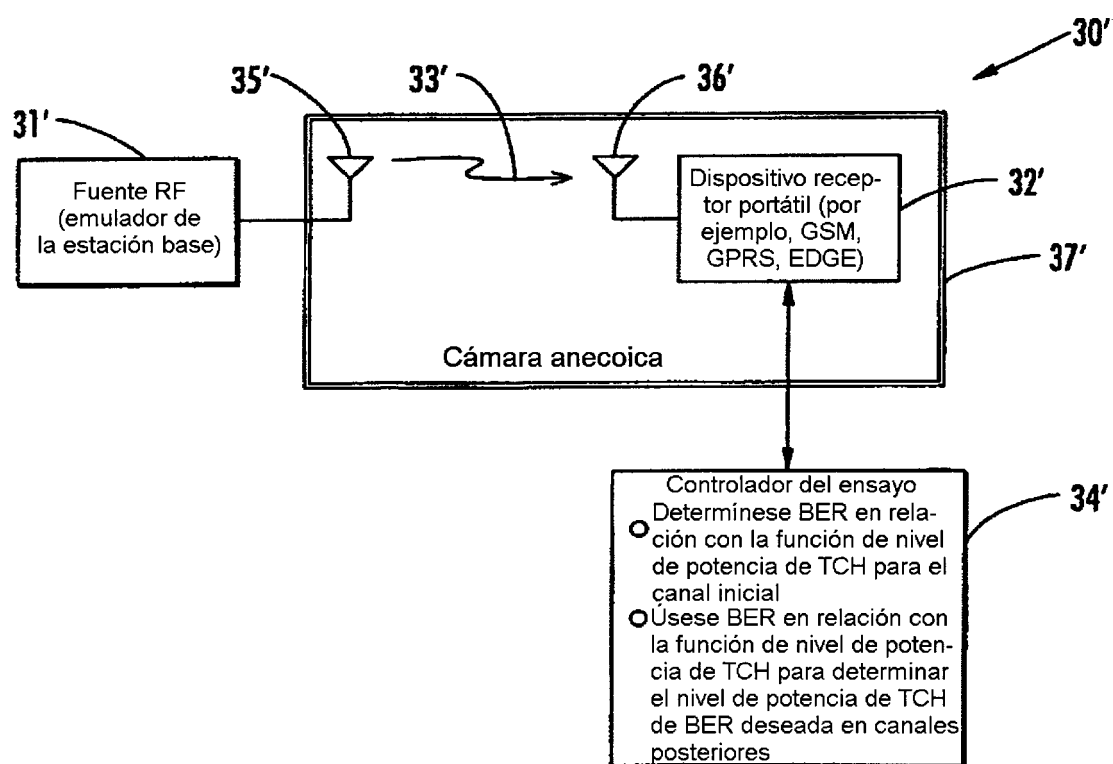


FIG. 2

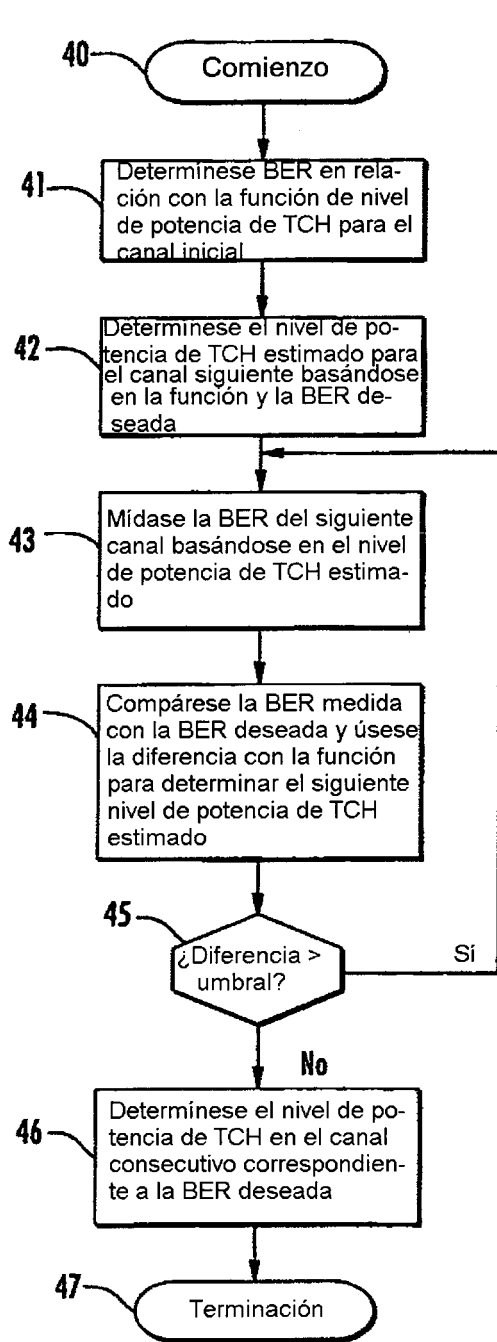


FIG. 3

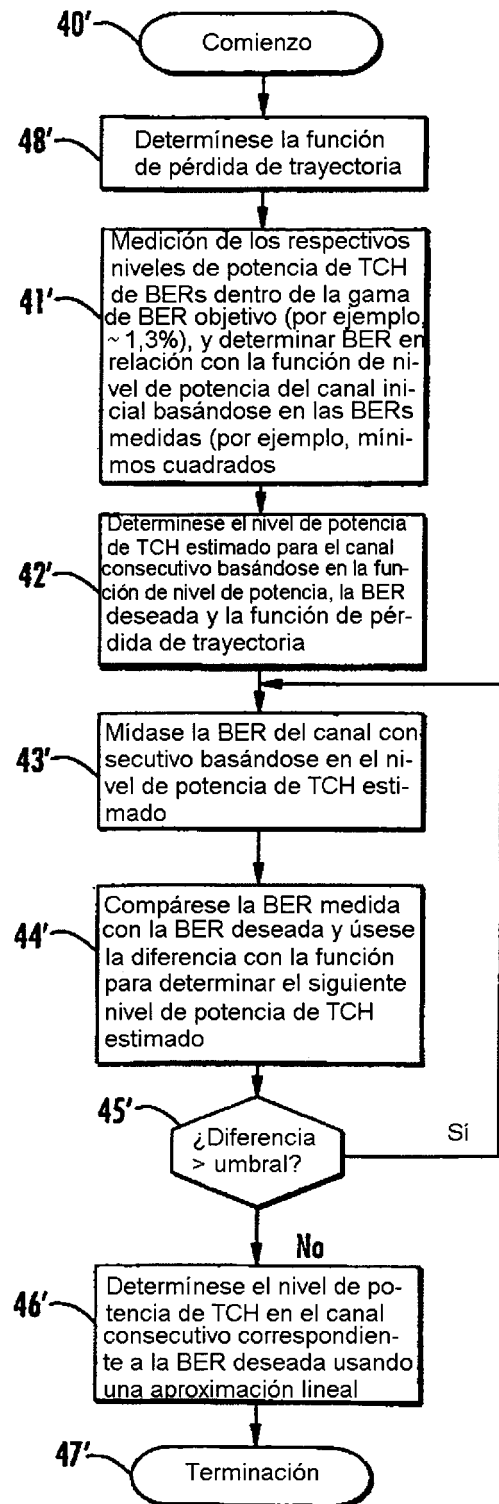


FIG. 4

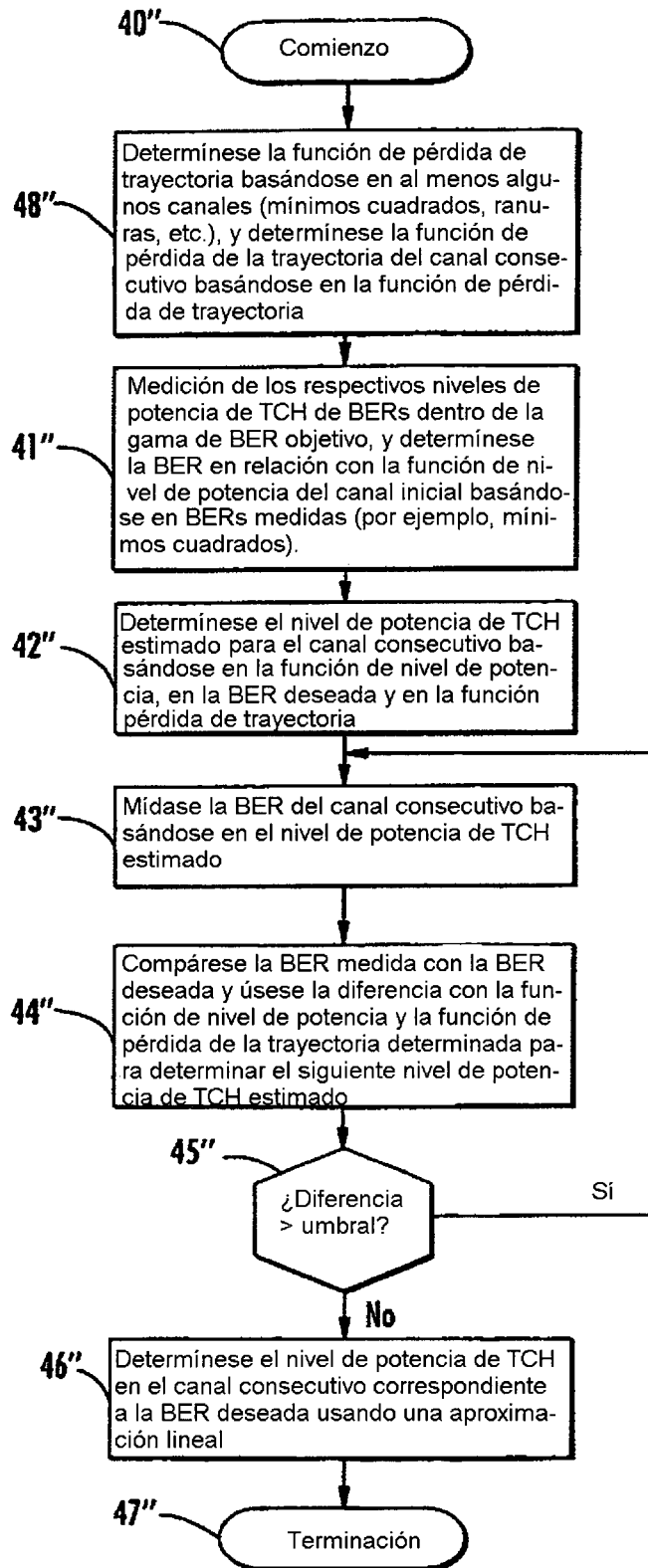


FIG. 5

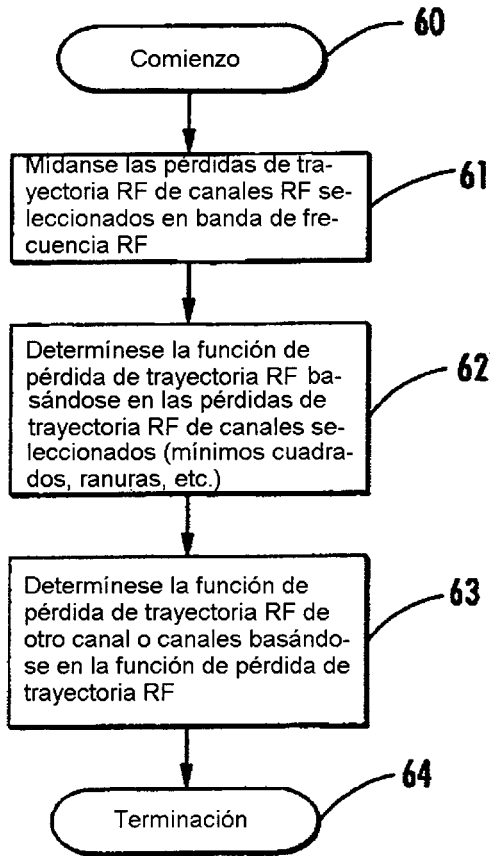


FIG. 6

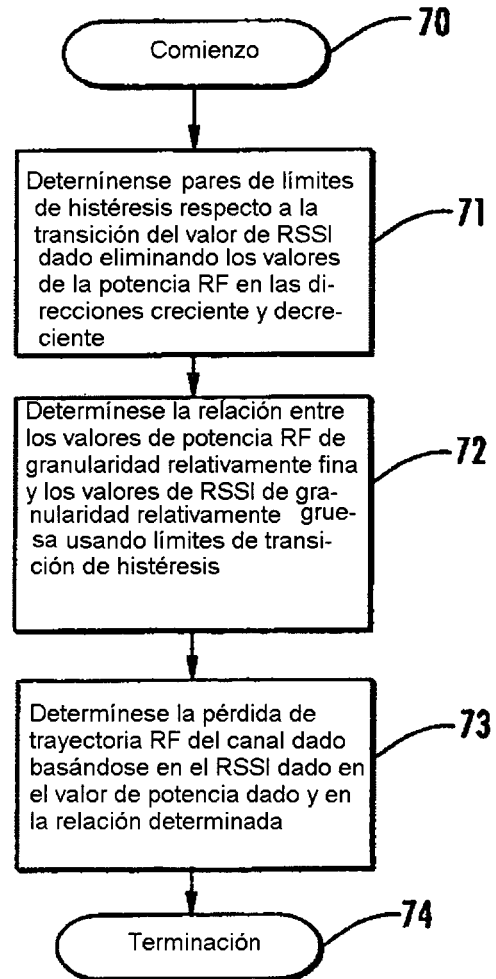


FIG. 7

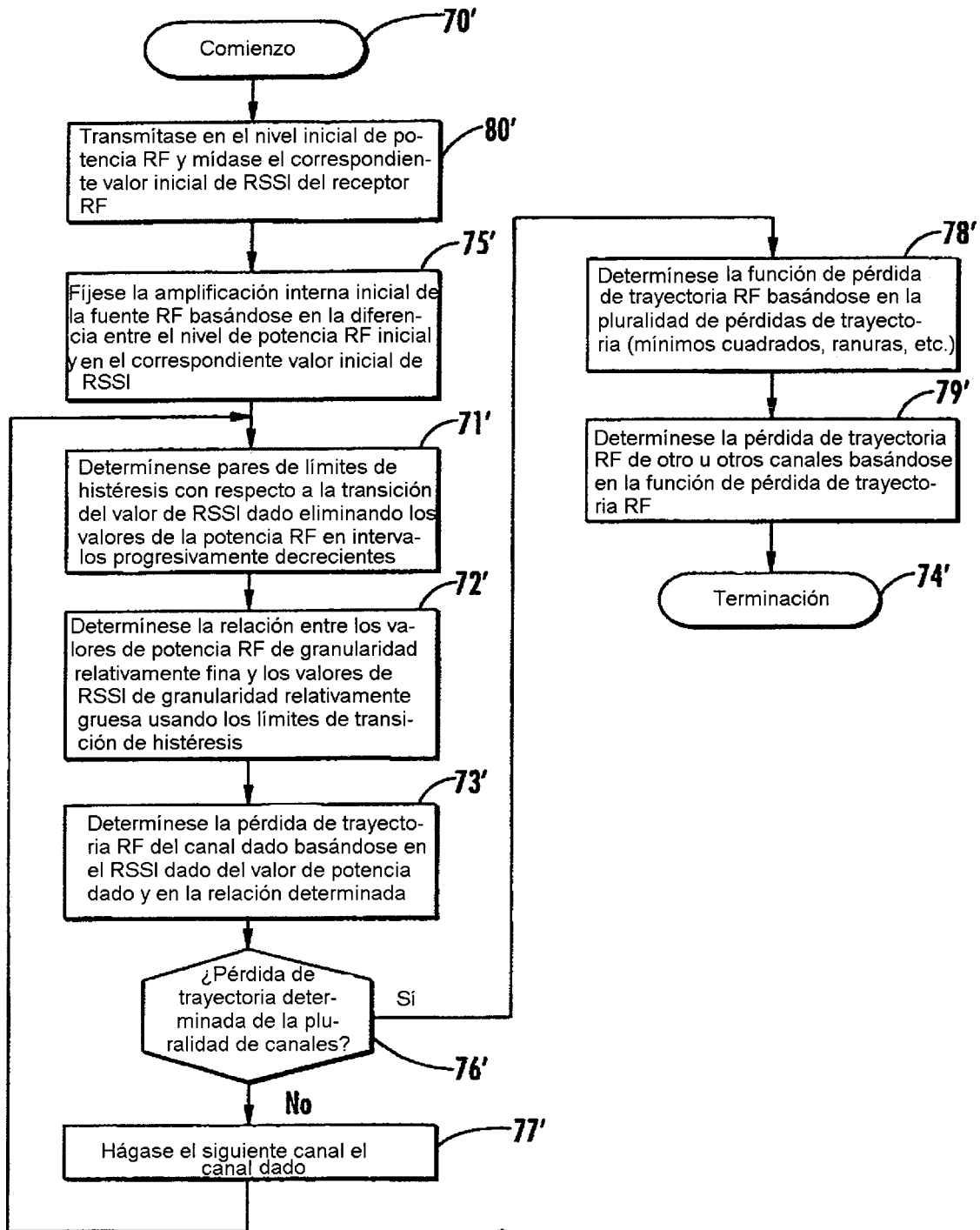


FIG. 8

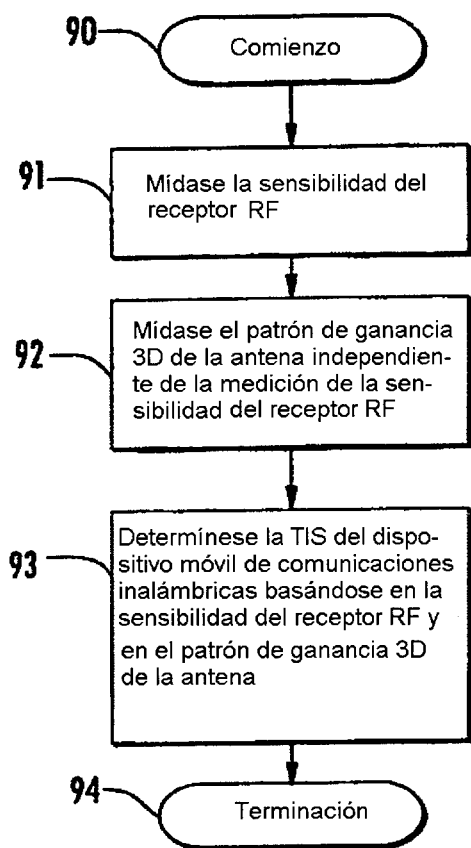


FIG. 9

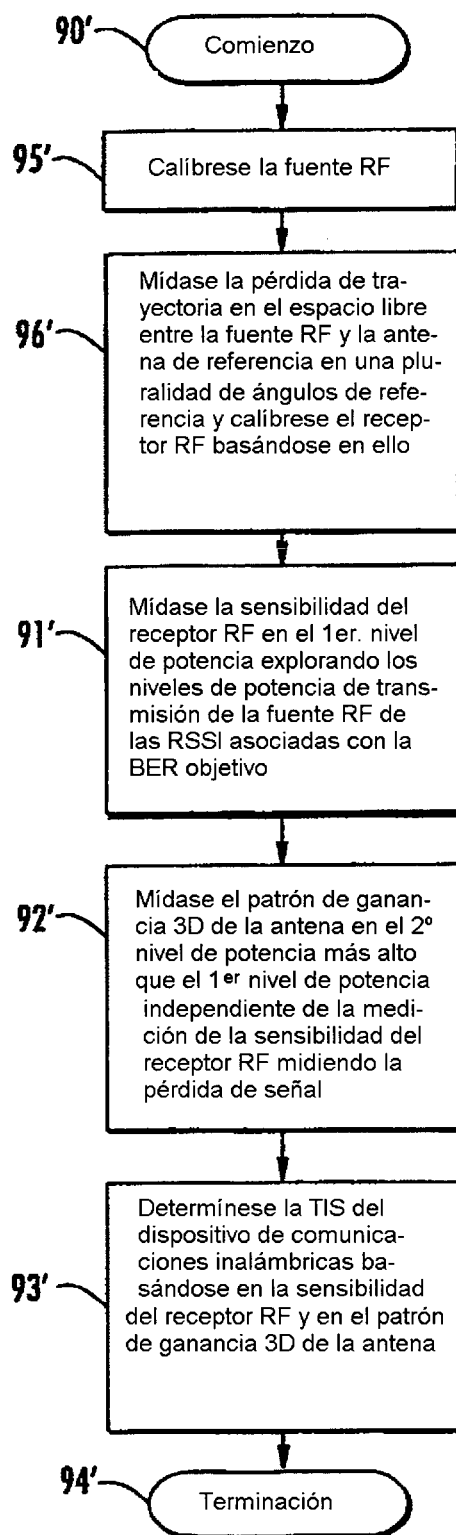


FIG. 10

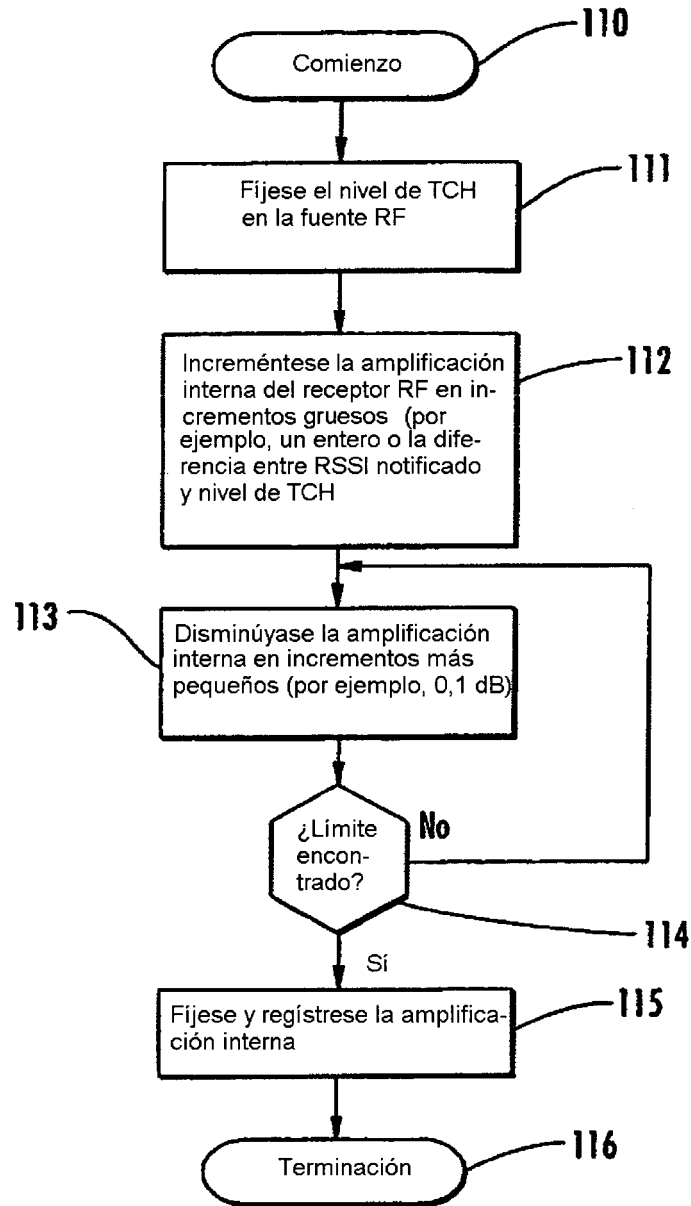


FIG. 11

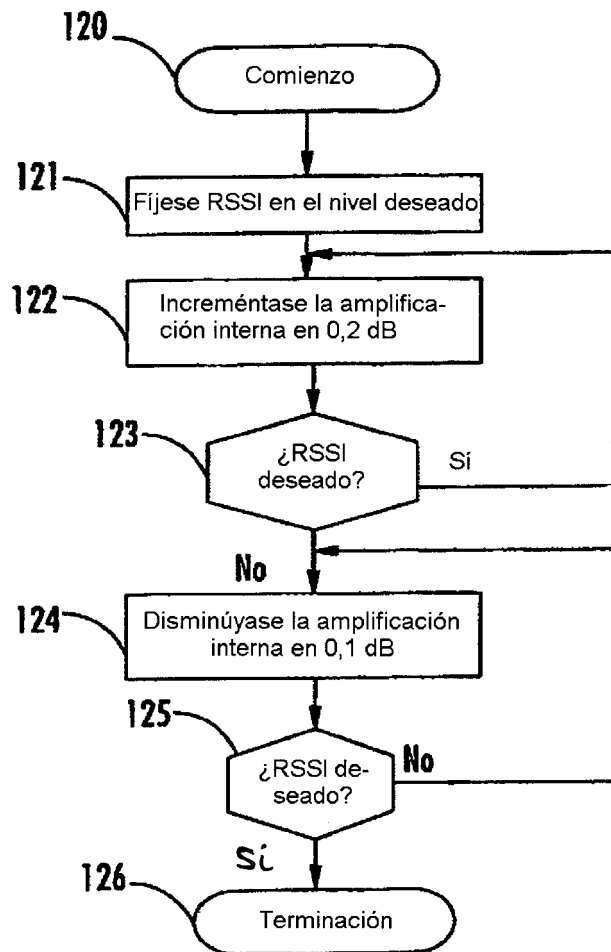


FIG. 12

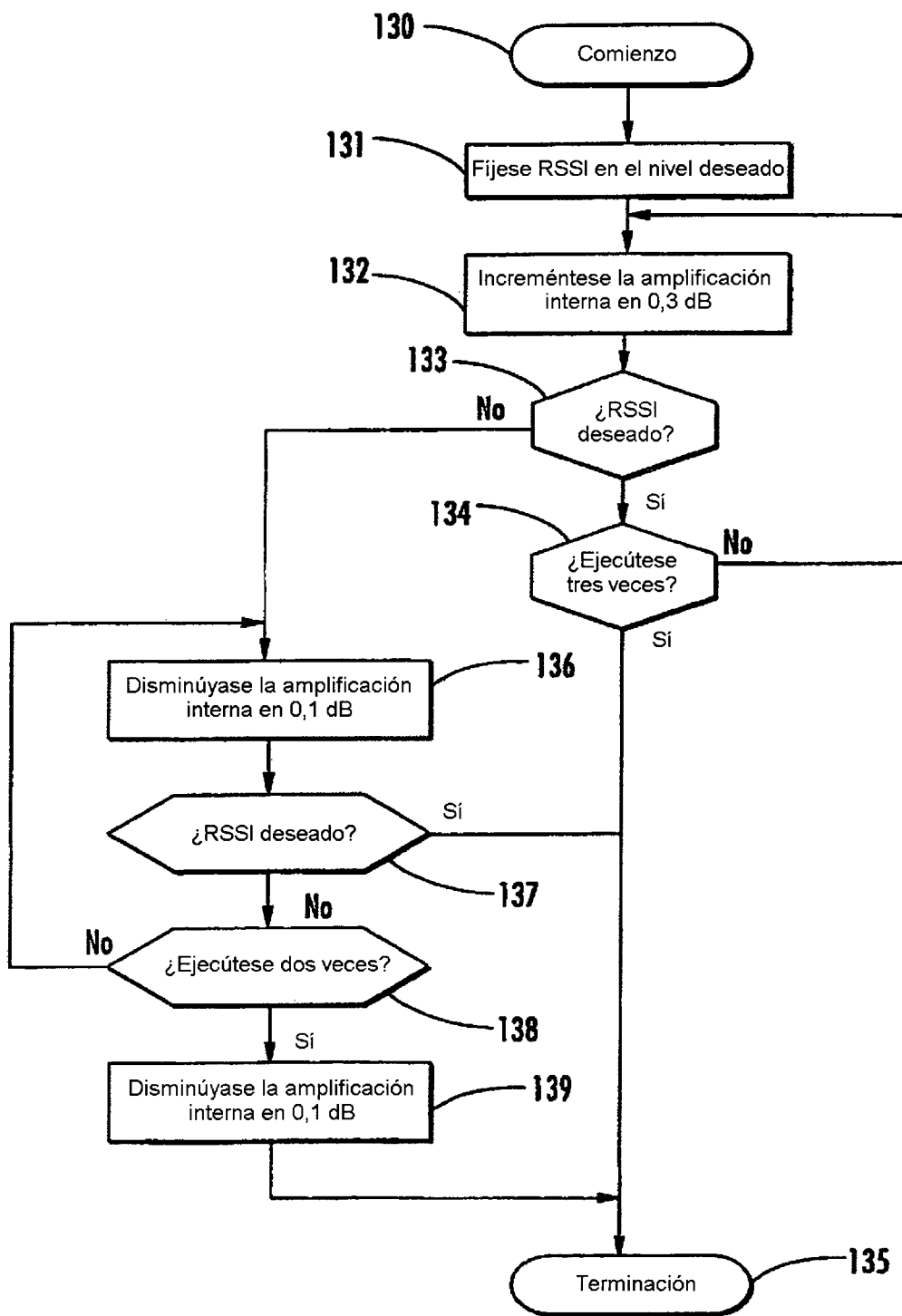


FIG. 13

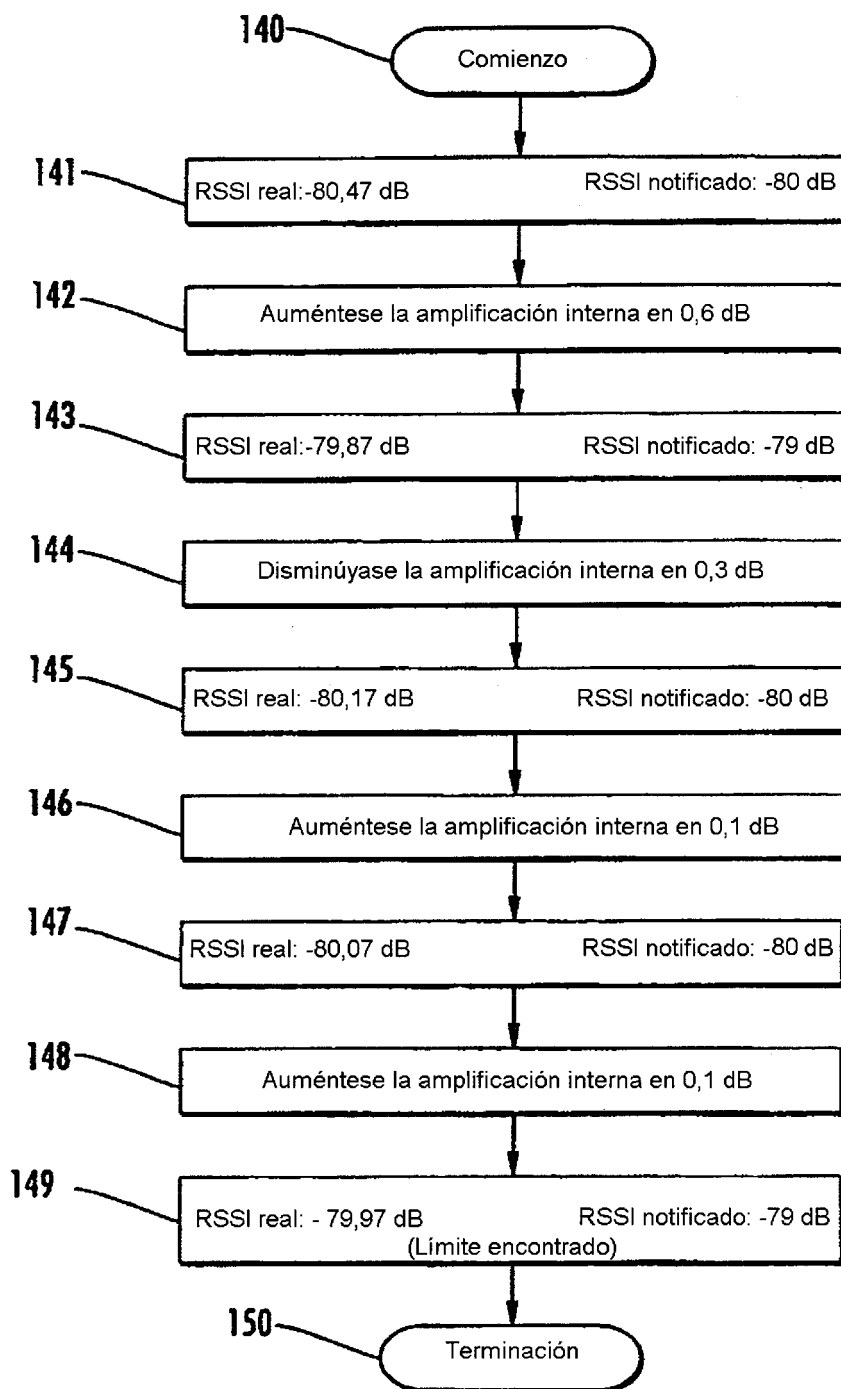


FIG. 14

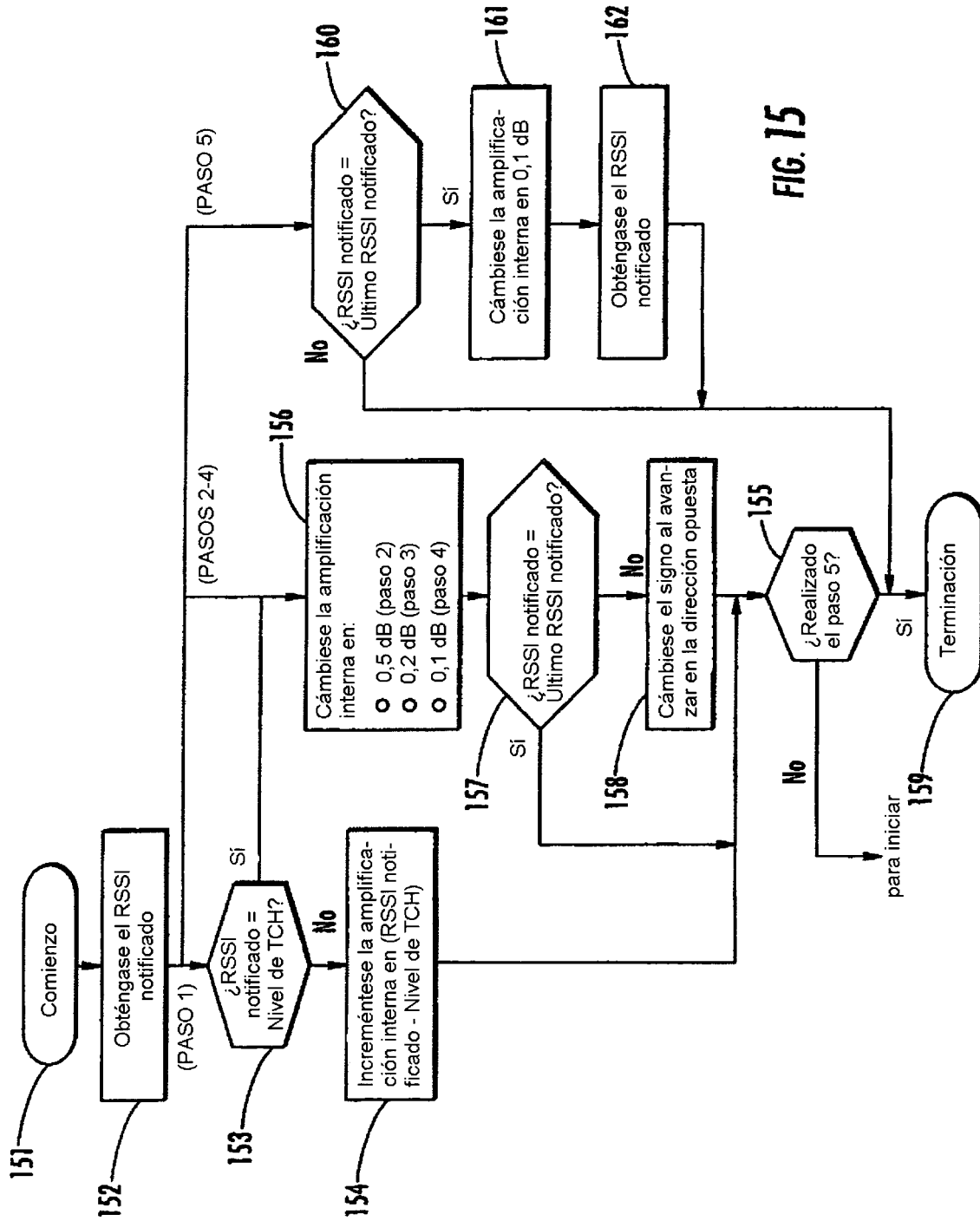


FIG. 15

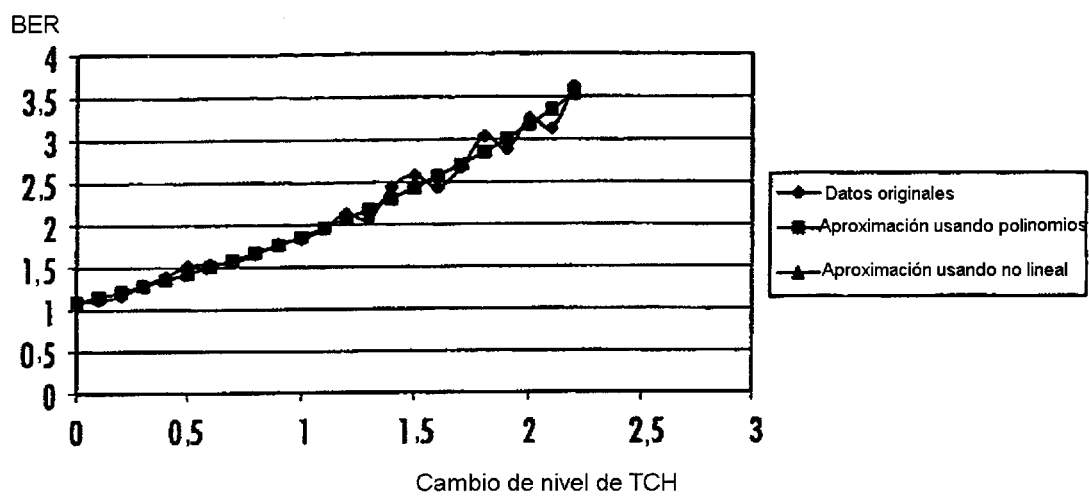


FIG. 16

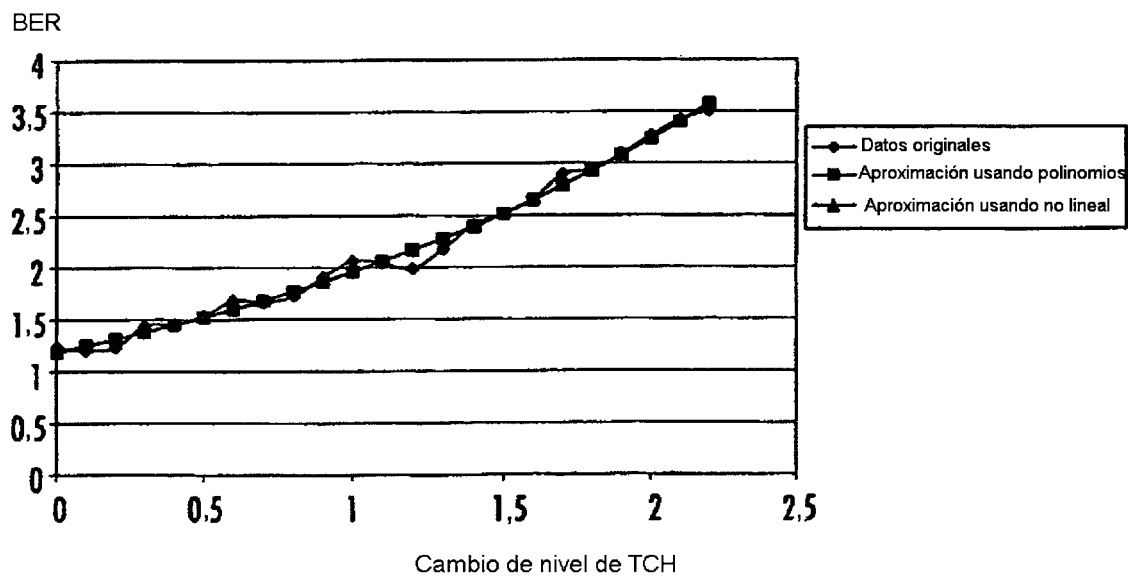


FIG. 17

Ajuste de curva: creación de ranura

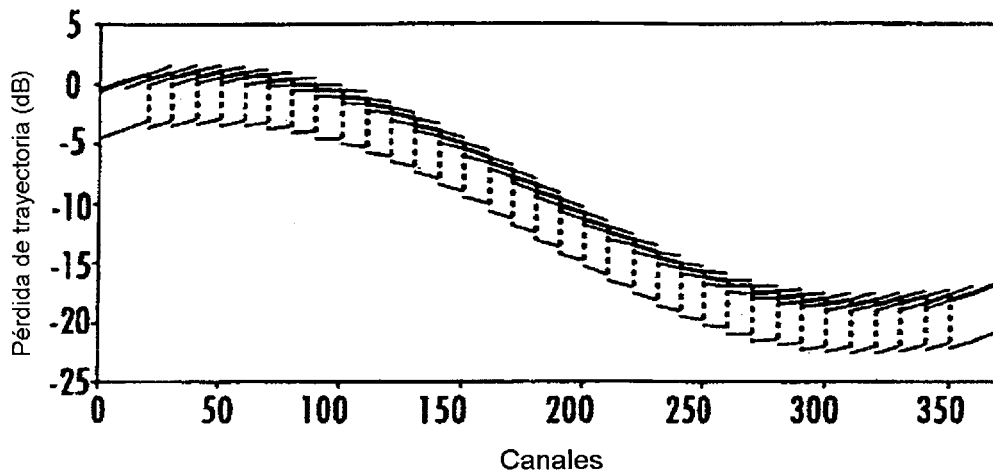


FIG. 18

Histéresis de RSSI: Notificada en comparación con real

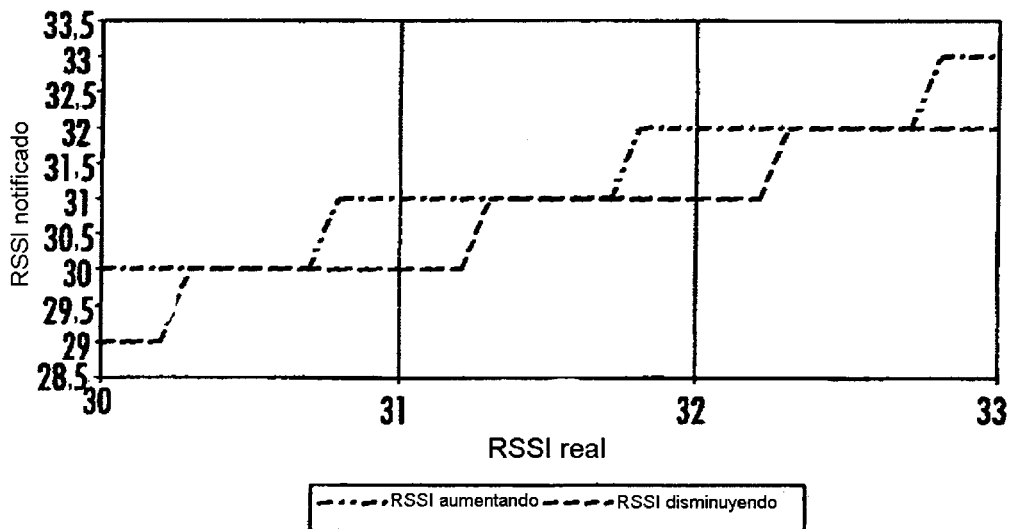


FIG. 19

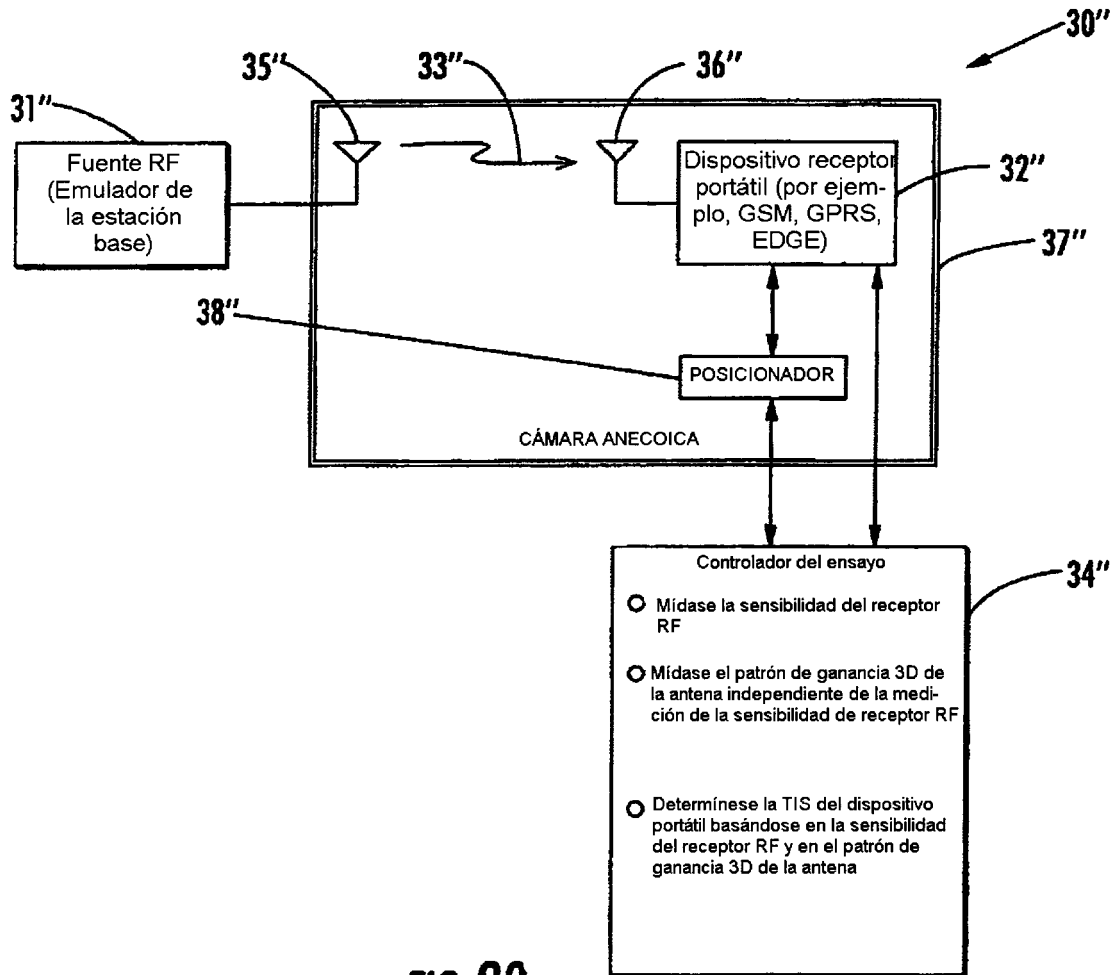


FIG. 20