



①9



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

①1 Número de publicación: **2 359 878**

⑤1 Int. Cl.:
H04L 25/03 (2006.01)
H04L 25/02 (2006.01)

①2

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

⑨6 Número de solicitud europea: **06824883 .0**
⑨6 Fecha de presentación : **31.08.2006**
⑨7 Número de publicación de la solicitud: **1932306**
⑨7 Fecha de publicación de la solicitud: **18.06.2008**

⑤4 Título: **Estimación de canales de comunicación.**

③0 Prioridad: **02.09.2005 US 713995 P**
21.03.2006 US 386530

④5 Fecha de publicación de la mención BOPI:
27.05.2011

④5 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
27.05.2011

⑦3 Titular/es: **QUALCOMM Incorporated**
5775 Morehouse Drive
San Diego, California 92121, US

⑦2 Inventor/es: **Gaal, Peter**

⑦4 Agente: **Carpintero López, Mario**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Estimación de canales de comunicación.

Reivindicación de prioridad bajo 35 U.S.C. §119

5 La presente solicitud de patente reivindica prioridad con respecto a la solicitud provisional nº 60/713.995, titulada "MEMO ON IMPROVES CHANNEL ESTIMATION ALGORITHM", presentada el 2 de septiembre de 2005 y transferida al cesionario de esta.

Antecedentes**Campo**

10 La presente invención versa en general acerca de sistemas de comunicaciones y, más específicamente, acerca de la generación de una estimación de canal.

Antecedentes

15 A menudo, los receptores en los sistemas de comunicaciones inalámbricas utilizan compensadores de canal que filtra o procesan de otras formas una señal recibida para deshacer los efectos del canal de comunicaciones inalámbricas sobre la señal. A menudo, un canal de comunicaciones inalámbricas tiene características de dispersión y multiatenuación del canal, que dan como resultado que lleguen versiones múltiples de la señal al dispositivo terminal de acceso en diferentes momentos. Los compensadores de canal procesan la señal antes de la desmodulación de la señal recibida. Por ejemplo, en los sistemas de acceso múltiple por división de código (CDMA), la señal recibida es procesada por un ecualizador línea que compensa, al menos parcialmente, las características del canal inalámbrico antes de que se desmodule la señal. Sin embargo, los estimadores convencionales de canal
20 están limitados en la proporción de estimaciones de canal que no maximizan el rendimiento de la función de ecualización. En particular, los estimadores convencionales de canal no pueden proporcionar una estimación de canal adecuadamente precisa para su uso en un ecualizador por decisión retroalimentada (DFE).

Por lo tanto, existe la necesidad de un estimador de canal mejorado.

El documento US 2004/0213339 describe un ecualizador.

Resumen

Según la invención, se proporciona el estimador de canal de la reivindicación 1.

Según la invención, también se proporciona el procedimiento de la reivindicación 19.

Breve descripción de los dibujos

La FIG. 1 es un diagrama de bloques de un estimador de canal según una realización ejemplar.

30 La FIG. 2 es un diagrama de bloques de un analizador ejemplar de canal.

La FIG. 3 es un diagrama de bloques de un procesador ejemplar de trayectorias de señal.

La FIG. 4 es una ilustración de trayectorias identificadas de señal dentro de un espectro temporal.

La FIG. 5 es un diagrama de flujo de un procedimiento de generación de una estimación de canal según la realización ejemplar.

35 La FIG. 6 es un diagrama de flujo de un procedimiento de determinación de desfases de trayectorias de señal según la realización ejemplar.

Descripción detallada

40 Un estimador de canal determina una estimación de canal de un canal de comunicaciones inalámbricas en base a una señal recibida por medio del canal inalámbrico. La señal recibida incluye, al menos, una señal transmitida conocida y ruido. En la realización ejemplar, el estimador de canal incluye un analizador de canal que determina parámetros del canal y un regulador de canal sin trayectorias que determina los parámetros de reducción de ruido. Un procesador de parámetros combina los parámetros del canal y los parámetros de reducción del ruido para generar una estimación de canal que puede ser aplicada en un ecualizador lineal o un ecualizador por decisión retroalimentada (DFE) usados para procesar señales recibidas. El analizador del canal aplica a la señal recibida una
45 función de ecualización inversa que incluye una inversa de una combinación de un factor de señal conocida y un factor de ruido cuando se representa en el dominio frecuencial. El regulador de canal sin trayectorias determina parámetros de reducción de ruido que, cuando se aplican como parte de la estimación de canal, dan como resultado

una reducción al menos parcial de la estimación de canal dentro de las ventanas de retraso temporal entre los retrasos de trayectorias identificadas de la señal. Un buscador detecta versiones con retraso temporal de una señal piloto para identificar los retrasos temporales relativos entre trayectorias de señal desde la estación base hasta el receptor. Un filtro de ventanas determina los parámetros apropiados de reducción de ruido para aplicarlos en el procesador de parámetros, lo que da como resultado en la reducción al menos parcial de la estimación de canal dentro de las ventanas temporales entre las trayectorias identificadas de la señal.

La palabra “ejemplar” se usa en el presente documento con el significado de “servir de ejemplo, de caso o ilustración”. No debe interpretarse que cualquier realización descrita en el presente documento como “ejemplar” sea preferida o resulte ventajosa con respecto a otras realizaciones.

La FIG. 1 es un diagrama de bloques de un estimador 100 de canal conectado a un compensador 101 de canal según la realización ejemplar de la invención. El estimador 100 de canal puede ser implementado en cualquier combinación de soporte físico, soporte lógico y/o soporte lógico inalterable. En el soporte lógico ejemplar, un código que se ejecuta en un procesador dentro de un terminal de acceso, como un microteléfono celular u otro dispositivo portátil de comunicaciones, realiza los cálculos, la comparación y las calibraciones para llevar a cabo las funciones del estimador 100 de canal. Las diversas funciones y operaciones de los bloques descritos con referencia al estimador 100 de canal pueden implementarse en cualquier número de dispositivos, circuitos o elementos. Dos o más de los bloques funcionales pueden estar integrados en un único dispositivo, y las funciones que se describe que lleva a cabo cualquier dispositivo único pueden ser implementadas en varios dispositivos en algunas circunstancias. Por ejemplo, algunas de las funciones del buscador 118 puede llevarlas a cabo el analizador de canal en algunas circunstancias. Dependiendo de la implementación particular, algunas de las señales pueden ser procesadas en el dominio temporal o en el dominio frecuencial. En las realizaciones ejemplares, el estimador 100 de canal incluye otras funciones y otros bloques que se omiten en la FIG. 1 en aras de la brevedad y la claridad.

El estimador 100 de canal genera una estimación 104 de canal que es usada por el compensador 101 de canal, tal como un ecualizador lineal o un ecualizador por decisión retroalimentada, para procesar señales transmitidas desde una estación base y recibidas a través de un canal de comunicaciones inalámbricas. La señal compensada 106 resultante se pasa a un desmodulador en el receptor para su procesamiento ulterior. La estimación 104 de canal es una función de la frecuencia y puede incluir cualquier combinación de parámetros, variables y/o constantes que puede ser aplicada por los compensadores 101 de canal para reducir los efectos negativos del canal de comunicaciones inalámbricas. Por ejemplo, el compensador 101 de canal puede eliminar ruido y manipular la señal recibida 102 para combinar múltiples versiones con retraso temporal de la señal entrante 102. Un ejemplo de compensador adecuado de canal incluye un DFB presentado en la solicitud de patente estadounidense con número de serie 11/386.534 [EXPEDIENTE DE AGENTE 051238], presentada el 21 de marzo de 2006, titulada “Decision Feedback Equalizer For Code Division Multiplexed Signals”.

En la realización ejemplar, el estimador 100 de canal incluye un analizador 108 de canal y un procesador 110 de trayectorias de la señal. Sin embargo, en algunas circunstancias pueden omitirse el procesador 110 de trayectorias de la señal o el analizador 108 de canal. Además, pueden usarse otras técnicas para generar los parámetros 112 de canal con el procesador 110 de trayectorias de la señal para generar la estimación 104 de canal. La señal entrante recibida 102 se recibe en el compensador 101 de canal, el analizador 108 de canal y el procesador 110 de trayectorias de la señal.

El analizador 108 de canal aplica una función de ecualización inversa a la señal recibida para determinar parámetros 112 del canal indicativos de las características de un canal de comunicaciones inalámbricas. Aunque la función de ecualización inversa se presenta con referencia a una representación en el dominio frecuencial, el analizador 108 de canal puede llevar a cabo el procesamiento en el dominio temporal. Por ejemplo, en algunas circunstancias, la respuesta del analizador 108 de canal puede estar diseñada en el dominio frecuencial, pero estar implementada en el dominio temporal. Las personas expertas en la técnica reconocerán que pueden combinarse y procesarse en el dominio temporal diversas transformaciones entre los dominios temporal y frecuencial y entre los dominios frecuencial y temporal y un procesamiento en el dominio frecuencial. La función de ecualización inversa, cuando se representa en el dominio frecuencial, incluye una inversa de la combinación de un factor de señal conocida y un factor de ruido. En consecuencia, los parámetros 112 del canal generados por el analizador 108 de canal se basan en parte en la relación señal-ruido (SNR) de la señal de referencia, tal como la señal piloto, usada por el analizador 108 de canal. Los componentes de frecuencia en los que la señal de referencia tiene una SNR elevada son acentuados por el analizador 108 de canal cuando determina los parámetros 112 del canal. En cambio, los componentes de frecuencia en los que la señal de referencia tiene una SNR reducida son desacentuados por el analizador 108 de canal cuando determina los parámetros 112 del canal. Se presenta un analizador ejemplar 108 de canal con mayor detalle con referencia a la FIG. 2.

El procesador 110 de trayectorias de la señal genera parámetros 114 de reducción de ruido que reducen, al menos parcialmente, la amplitud de los parámetros 112 del canal dentro de las ventanas temporales filtradas cuando son aplicados por el procesador 116 de parámetros. Cuando se aplican a los parámetros del canal, los parámetros de reducción de ruido dan como resultado una estimación de canal que refleja las ventanas temporales filtradas que resultan en un ruido reducido cuando son aplicados por el compensador 101 de canal. En consecuencia, los

parámetros 114 de reducción de ruido dan como resultado un ruido reducido en la señal compensada 106 proporcionando información relativa a la probabilidad de que existan trayectorias de señal con retrasos particulares. Un buscador 118 identifica retrasos temporales relativos entre trayectorias de señales detectando versiones con desfase temporal de una señal conocida, como una señal piloto. Aunque, tal como se expone más abajo, el buscador 118 está implementado en el dominio frecuencial en la realización ejemplar, en algunas circunstancias el buscador 118 puede implementarse en el dominio temporal. El buscador 118 genera una descripción de las trayectorias de la señal que incluye al menos los desfases temporales 120 de trayectoria entre las trayectorias de la señal. En la realización ejemplar, los desfases temporales desde una trayectoria de la señal de referencia, como la trayectoria de la señal con menor retraso, se guardan en memoria con una amplitud y una fase asociadas para la trayectoria de la señal. En consecuencia, el buscador 118 crea una tabla de desfases temporales de trayectorias de la señal con las amplitudes y las fases correspondientes. Más abajo, con referencia a la FIG. 6, se presenta una técnica adecuada para la determinación de desfases temporales 120 de las trayectorias. Un filtro 122 de ventanas determina las ventanas filtradas entre los desfases temporales de las trayectorias identificadas que deberían ser filtradas para reducir el ruido en la señal compensada 106 del canal. El filtro de ventanas genera los parámetros 114 de reducción de ruido que, cuando son aplicados por el procesador 116 de parámetros, dan como resultado ventanas filtradas entre los desfases temporales de las trayectorias, según se refleja mediante la estimación de canal. En la realización ejemplar, las ventanas filtradas se sitúan entre las ventanas de transmisión cuando las ventanas de transmisión se extienden $\pm 3,5$ segmentos de código desde cada desfase temporal de la trayectoria identificada de la señal. En consecuencia, las ventanas filtradas se sitúan entre ventanas de transmisión de 7 segmentos de código de longitud que tienen su centro en los desfases temporales de la trayectoria. Tal como se expone más abajo, se aplican ventanas filtradas con un retraso máximo fuera de una ventana de transmisión de retraso máximo para reducir el ruido en retrasos significativamente alejados de las trayectorias identificadas de la señal.

Los parámetros 114 generados de reducción de ruido dan como resultado la atenuación, al menos parcial, de los parámetros 112 del canal dentro de las ventanas temporales filtradas cuando son procesados por el procesador 116 de parámetros. En algunas situaciones, la estimación 104 de canal puede ponerse a cero para atenuar por completo los parámetros 112 del canal dentro de una ventana temporal filtrada. Los parámetros 114 de reducción de ruido generados por el filtro 122 de ventanas pueden establecerse de tal modo que los parámetros 112 del canal, cuando son procesados por el procesador 116 de parámetros, se mantengan inalterados fuera de las ventanas temporales filtradas. En la realización ejemplar, cualquier posición fuera de las ventanas temporales filtradas está siempre dentro de $\pm$ segmentos de código desde al menos uno de los desfases temporales de las trayectorias identificadas de la señal. En la realización ejemplar, los parámetros 114 de reducción de ruido están fijados de tal modo que los parámetros del canal no están atenuados en absoluto fuera de las ventanas temporales filtradas, mientras que están completamente atenuados dentro de las ventanas temporales filtradas. Sin embargo, también son posibles otras configuraciones de los parámetros 114 de reducción de ruido. Por ejemplo, los parámetros 114 de reducción de ruido pueden fijarse de tal modo que los parámetros 112 del canal se atenúen fuera de las ventanas temporales filtradas con un factor de escala apropiado en base al parámetro estimado de SNR, o los parámetros 112 del canal pueden ser atenuados por completo únicamente si su amplitud cae por debajo de un umbral debidamente seleccionado. Tales umbrales pueden seleccionarse, por ejemplo, para que estén un cierto múltiplo por encima de la amplitud de ruido esperado o una cierta fracción por debajo de la amplitud máxima de los parámetros 112 del canal, o una cierta fracción por debajo del valor cuadrático medio (RMS) de los parámetros 112 del canal tomados entre todas las frecuencias. También pueden usarse técnicas similares, como el ajuste a una escala debida o la formación de umbrales, en la determinación de los parámetros 114 de reducción de ruido que han de ser aplicados dentro de las ventanas temporales filtradas. En general, el factor de escala o el nivel de umbral se fijarían con valores diferentes dentro y fuera de las ventanas temporales filtradas. En la realización ejemplar, esos factores de escala se figuraron en 0 y 1, respectivamente.

Un procesador 116 de parámetros combina los parámetros 114 de reducción de ruido con los parámetros 112 del canal para generar la estimación 104 de canal que refleja el filtrado del procesador 110 de trayectorias de la señal y las funciones de ecualización del analizador 108 de canal. La estimación 104 de canal es aplicada por el compensador 101 de canal para maximizar la relación señal-ruido (SNR) de la señal recibida compensada 106 antes de un procesamiento ulterior por el desmodulador.

La FIG. 2 es un diagrama de bloques de un analizador ejemplar 108 de canal. Tal como se ha expuesto más arriba, el analizador 108 de canal puede implementarse en el dominio frecuencial o en el dominio temporal, aunque la respuesta es examinada en el dominio frecuencial. Por ejemplo, pueden combinarse las funciones de transformada rápida de Fourier (FFT), de FFT inversa (IFFT) y de ecualización inversa expuestas con referencia a la FIG. 2 en una implementación del dominio temporal que realiza cálculos en el dominio temporal en vez de hacerlo en el dominio frecuencial. Sin embargo, en muchas situaciones, las tareas de cálculo llevadas a cabo por un procesador que usa una implementación en el dominio frecuencial son menos exigentes que las tareas de cálculo requeridas en una implementación en el dominio temporal.

La señal recibida 102 es transformada, a partir de una representación en el dominio temporal, a una representación en el dominio frecuencial por un procesador 202 de FFT. Un ecualizador inverso 204 de dominio frecuencial aplica una función de ecualización inversa a la señal recibida de dominio frecuencial para determinar los parámetros 112

del canal. La función de ecualización inversa se basa, al menos en parte, en un factor de señal conocida y un factor de ruido. Cuando se representa en el dominio frecuencial, la función de ecualización inversa incluye una inversa de una combinación del factor de señal conocida y el factor de ruido. En la realización ejemplar, la función de ecualización inversa es igual a:

$$\frac{K^*(f)}{|K(f)|^2 + |N|^2} \quad (1)$$

siendo $K^*(f)$ el conjugado complejo de la señal conocida en el dominio frecuencial como función de la frecuencia y siendo N la densidad espectral del ruido estimado. En consecuencia, el factor de señal conocida es el cuadrado del valor absoluto de la señal conocida como función de la frecuencia, y el factor de ruido es el cuadrado del valor absoluto del ruido estimado. Aunque el ruido estimado 206, N , puede ser una función de la frecuencia en algunas situaciones, N es una constante en la realización ejemplar. En la realización ejemplar, N se determina en base al RMS de las diferencias en símbolos piloto desmodulados de manera sucesiva a lo largo de un periodo. Se calcula la diferencia entre símbolos piloto desmodulados de manera sucesiva y se determina el RMS de los valores de las diferencias a lo largo de un periodo de tiempo apropiado. En la realización ejemplar, ese periodo de tiempo es de 32 símbolos piloto, pero también pueden usarse otros periodos de tiempo. N se fija al valor calculado de RMS después del ajuste a escala con un factor apropiado de normalización. El factor de normalización se determina en base a la longitud de los símbolos piloto, al ancho de banda de la señal, a la resolución frecuencial y, en algunas circunstancias, posiblemente, a otros factores.

La señal conocida 208 es una función de la frecuencia e incluye cualquier combinación de señales a priori guardadas en la memoria, como señales piloto 210, y señales recibidas 212 que se determinan después de la recepción por el receptor 214. Dado que la señal conocida se representa en el dominio frecuencial cuando es procesada por el ecualizador inverso 204, la señal piloto 210 se guarda como una representación en el dominio frecuencial o se transforma al dominio frecuencial. La representación de la señal piloto refleja la secuencia piloto, así como la representación espectral de la forma del impulso.

Una señal que es recibida y desmodulada se modula y se procesa según las técnicas usadas en la estación base para recrear la señal transmitida estimada correspondiente a la señal recibida. Un recreador 216 de señales modula, dispersa, codifica o procesa de otro modo la señal usando las mismas técnicas en la estación base para generar una señal transmitida estimada 218. La señal transmitida estimada 218 es convertida al dominio frecuencial por un procesador 220 de FFT antes de su aplicación en el ecualizador inverso 204 como parte de la señal conocida 208.

Por lo tanto, en la realización ejemplar, el analizador 108 de canal aplica una función de ecualización inversa que, en una representación de dominio frecuencial, es igual al conjugado complejo de la señal conocida dividido por la señal conocida al cuadrado más la estimación de ruido al cuadrado. En consecuencia, la función de ecualización inversa es una función de mínimo error cuadrático medio (MMSE) en la realización ejemplar. Los parámetros de canal resultantes pueden ser aplicados en un compensador de canal como un DFE para maximizar la relación señal-ruido (SNR) de la señal recibida antes de su procesamiento ulterior por el receptor.

La FIG. 3 es un diagrama de bloques de un procesador ejemplar 110 de trayectorias de la señal. El buscador 118 identifica versiones desfasadas en el tiempo de la señal piloto que son parte de la señal 102. En la realización ejemplar, el buscador 118 procesa la señal entrante 102 en el dominio frecuencial. En consecuencia, la señal recibida 102 es transformada del dominio temporal al dominio frecuencial en un procesador 302 de FFT. El buscador 118 usa una señal piloto de referencia rellena para llevar a cabo una convolución en el dominio frecuencial. El buscador 118 de trayectorias identifica una pluralidad de trayectorias de señal desde el transmisor hasta el sistema receptor en base a versiones desplazadas en el tiempo de una señal piloto recibida en el sistema receptor. Un ejemplo de un buscador de dominio temporal incluye un correlacionador que correlaciona la corriente de datos entrantes (señal recibida) con una copia local de la secuencia de ruido pseudoaleatorio (PN) del canal piloto (CPICH). La señal piloto transmitida desde la estación base llega al buscador como versiones desplazadas en el tiempo de la señal piloto original. El buscador 118 determina el nivel de energía y el desfase temporal relativo de una pluralidad de señales desplazadas en el tiempo para identificar trayectorias de la señal desde la estación base hasta el sistema receptor. Una multiplicación de dos señales en el dominio frecuencial da como resultado una convolución cíclica en el dominio temporal. Para minimizar los errores en el procesamiento de señales piloto de referencia con secuencias piloto mayores que las longitudes de los bloques, se rellena la señal piloto de referencia para permitir una convolución cíclica en el dominio frecuencial. En la realización ejemplar, se añaden un prefijo y un sufijo a la secuencia piloto. Un sufijo y un prefijo adecuados incluyen rellenar con ceros la secuencia piloto al comienzo y el final de la secuencia piloto.

El espectro resultante en el dominio frecuencial incluye una representación de las versiones identificadas de la señal piloto y, por lo tanto, una representación de las trayectorias de la señal en el dominio frecuencial. Las trayectorias 306 de la señal en el dominio frecuencial son transformadas, a partir del dominio frecuencial, al dominio temporal por medio de un procesador 308 de IFFT. Las representaciones de dominio temporal de las trayectorias 120 de la señal son aplicadas por el filtro 122 de ventanas en el dominio temporal para determinar las ventanas filtradas apropiadas.

La FIG. 4 es una ilustración de las trayectorias identificadas 402, 404 y 406 de la señal dentro de un espectro temporal 400. Aunque la FIG. 4 muestra tres trayectorias 402, 404 y 406 de la señal, el buscador 118 puede identificar cualquier número de trayectorias de la señal. El filtro 122 de ventanas sitúa ventanas 408, 412 y 414 de transmisión alrededor de las trayectorias identificadas de la señal y ventanas filtradas 416, 418 dentro de otros tiempos de retraso. En la realización ejemplar, cada una de las ventanas 408, 412, 414 de transmisión tiene una longitud de 7 segmentos de código y está centrada en una trayectoria identificada de la señal. Una ventana combinada 410 de transmisión está formada por dos ventanas 412 y 414 de transmisión solapadas. Por lo tanto, para el ejemplo ilustrado en la FIG. 4, una primera ventana temporal filtrada 416 está en un retraso entre 3,5 segmentos de código y 6,5 segmentos de código desde la primera trayectoria identificada 402 de la señal. Una segunda ventana 418 se extiende desde 14,5 segmentos de código a la siguiente ventana de transmisión (no mostrada). El filtro 122 de ventanas genera parámetros 114 de reducción de ruido que dan como resultado las ventanas temporales filtradas 416, 418 que son aplicadas por el procesador 116 de parámetros a los parámetros 112 del canal. Las ventanas temporales filtradas 416 y 418 pueden atenuar completamente los parámetros 112 del canal poniendo a cero la estimación 104 de canal dentro de la ventana temporal o pueden aplicar otro nivel de atenuación. Sin embargo, dentro de las ventanas 408, 412 y 414 de transmisión, la estimación 104 de canal puede fijarse para que sea la misma que los correspondientes parámetros 112 del canal, o puede aplicarse otra atenuación debidamente seleccionada. La relación entre los parámetros 112 del canal y la estimación 104 de canal se determina, al menos parcialmente, en respuesta a si el parámetro del canal cae dentro de las ventanas temporales filtradas o dentro de las ventanas de transmisión.

En la realización ejemplar, las ventanas filtradas 422 de retraso máximo se aplican fuera de una ventana 420 de transmisión de retraso máximo para reducir el ruido en retrasos significativamente alejados de las trayectorias identificadas 402, 404, 406 de la señal. Una ventana adecuada 420 de transmisión de retraso máximo se extiende de -4 segmentos de código a +20 segmentos de código para un sistema que funcione según los protocolos CDMA2000. Las ventanas filtradas 422 de retraso máximo se extienden desde la ventana 420 de transmisión de retraso máximo y reducen el ruido en regiones en las que es sumamente improbable que exista una trayectoria de la señal. Aunque los retrasos de 16 segmentos de código para los sistemas CDMA2000 pueden ser significativamente largos para evitar el filtrado de trayectorias de la señal, se añaden 4 segmentos de código adicionales para evitar filtrar trayectorias en las que pueda no haberse detectado una primera señal de llegada y en las que pueda seguir detectándose un lóbulo lateral de una señal cerca de los bordes de las ventanas filtradas 422 de retraso máximo.

La FIG. 5 es un diagrama de flujo de un procedimiento de generación de una estimación de canal según la realización ejemplar de la invención. El procedimiento puede llevarse a cabo por medio de cualquier combinación de soporte físico, soporte lógico y/o soporte lógico inalterable. En la realización ejemplar, el procedimiento lo lleva a cabo un circuito integrado para aplicaciones específicas (ASIC).

En la etapa 502 se generan parámetros de canal. Se aplica a la señal entrante recibida una inversa de una combinación de un factor de señal conocida como una función de la frecuencia y un factor de ruido, tal como se representan en el dominio frecuencial. En la realización ejemplar, la señal recibida es multiplicada por

$$\frac{K^*(f)}{|K(f)|^2 + |N|^2} \quad (1)$$

en el dominio frecuencial. La estimación, N, de ruido puede ser una función de la frecuencia en algunas circunstancias.

En la etapa 504 se generan parámetros de reducción de ruido. Cuando son aplicados por el procesador de parámetros, los parámetros de reducción de ruido dan como resultado ventanas temporales filtradas que atenúan, al menos parcialmente, los parámetros del canal dentro de las ventanas temporales en las que no se ha identificado ninguna trayectoria de señal. En la realización ejemplar, las ventanas temporales filtradas están situadas en los retrasos temporales entre las ventanas de transmisión en las que las ventanas temporales se establecen entre 3,5 segmentos de código antes y 3,5 segmentos de código después del retraso temporal de la trayectoria identificada de la señal. Una vez que un buscador identifica desfases temporales 120 de una trayectoria, un filtro 122 de ventanas determina las ubicaciones y los tamaños de las ventanas temporales. El procedimiento descrito con referencia a la FIG. 6, más abajo, proporciona un ejemplo de una técnica adecuada para determinar los desfases temporales 120 de la trayectoria.

En la etapa 506, se combinan los parámetros de reducción de ruido y los parámetros del canal para formar la estimación de canal. Cuando es aplicada por un compensador de canal, como un DFE o un ecualizador lineal, la estimación de canal minimiza los efectos del canal de comunicaciones inalámbricas y reduce el ruido minimizando la aportación de señales dentro de los retrasos temporales que no es probable que incluyan trayectorias de la señal.

La FIG. 6 es un diagrama de flujo de un procedimiento de determinación de desfases temporales 120 de la trayectoria según la realización. En consecuencia, el procedimiento descrito con referencia a la FIG. 6 proporciona un ejemplo de una técnica adecuada para determinar desfases temporales 120 de la trayectoria. En la realización

ejemplar, el código ejecutado en un ASIC o un procesador lleva a cabo las funciones del buscador para determinar los desfases temporales 120 de la trayectoria.

En la etapa 602 el umbral $T(d)$ para el retraso d de la trayectoria de la señal se fija a un valor inicial T_INIT para cada retraso de la trayectoria de la señal. En la realización ejemplar, d es un valor de segmento de código entero y oscila entre cero y un retraso significativamente mayor, de modo que el retraso sea mayor que un retraso máximo (MAX_DELAY_SPREAD). El retraso máximo (MAX_DELAY_SPREAD) es un retraso en el que es improbable que exista una trayectoria de la señal. En los sistemas que funcionan según los protocolos CDMA 2000, MAX_DELAY_SPREAD se fija a 16 segmentos de código o más. En los sistemas que funcionan según los protocolos WCDMA, MAX_DELAY_SPREAD se fija a 48 segmentos de código o más. En algunas circunstancias pueden usarse otros retrasos temporales y otros retrasos máximos.

En la etapa 604 se recibe la estimación $H(d)$ de canal de dominio temporal para cada retraso de la trayectoria de la señal. En la realización ejemplar, los parámetros 112 del canal determinados por el analizador 108 de canal son aplicados a los retrasos en el dominio temporal.

En la etapa 606, se estima el mínimo N de ruido. En la realización ejemplar, se determina que N es la potencia media fuera de la ventana de dispersión de retraso máximo. En consecuencia, se determina la potencia del ruido medio para d , siendo d mayor que MAX_DELAY_SPREAD .

En la etapa 608, D se inicializa a cero ($D = 0$).

En la etapa 610 se determina si d es menor que el retraso máximo (MAX_DELAY_SPREAD). Si d es menor que el retraso máximo, el procedimiento continúa en la etapa 612. Si no, el procedimiento vuelve a la etapa 604 para recibir nuevas estimaciones de canal de dominio temporal para cada d .

En la etapa 612, se compara el cuadrado del valor absoluto de la estimación ($|H(d)|^2$) de canal de dominio temporal para d con la estimación N de ruido. Si $|H(d)|^2 < N$, el procedimiento prosigue en la etapa 614. Si no, el procedimiento prosigue en la etapa 616.

En la etapa 614 se incrementa el umbral para d , y en la etapa 616 se disminuye el umbral para d . En la realización ejemplar, $T(d)$ se hace igual a $(1-a)T(d) - a(T_INIT) - T_INIT$ en la etapa 616 y a $(1-a)T(d) + a(T_INIT) + T_INIT$ en la etapa 614, siendo a una constante del parámetro de filtro entre 0 y 1. La constante a se selecciona como compromiso entre velocidad de convergencia y precisión. A medida que disminuye a , mejora la precisión a costa de una convergencia más lenta. En consecuencia, las regulaciones del umbral llevadas a cabo por las etapas 612, 614 y 616 permiten que disminuya el umbral en el que se detectó previamente una trayectoria de la señal y que aumente el umbral en el que no se detectó previamente ninguna trayectoria de la señal. En consecuencia, disminuye la probabilidad de detectar un falso positivo para una trayectoria de la señal y también disminuye la probabilidad para determinar una trayectoria de la señal que no existe cuando la señal disminuye temporalmente en amplitud en una señal identificada previamente.

En la etapa 618 se compara el cuadrado del valor absoluto de la estimación ($|H(d)|^2$) de canal de dominio temporal para d con el umbral en d , $T(d)$. Si $|H(d)|^2 > T(d)$, el procedimiento prosigue en la etapa 620, en la que se determina que d sea un desfase válido de la trayectoria de la señal. Si no, el procedimiento prosigue en la etapa 622 en la que se determina que d es un desfase inválido de la trayectoria de la señal.

En la etapa 624, d se incrementa en 1 ($d = d + 1$).

Las personas expertas en la técnica comprenderían que la información y las señales pueden ser representadas usando cualquiera de una variedad de tecnologías y técnicas diferentes. Por ejemplo, datos, instrucciones, órdenes, información, señales, bits, símbolos y segmentos de código a los que se puede hacer referencia en la anterior descripción pueden estar representados por tensiones, corrientes, ondas electromagnéticas, campos o partículas magnéticos, campos o partículas ópticos o cualquier combinación de los mismos.

Las personas expertas en la técnica comprenderían además que diversos bloques lógicos ilustrativos, módulos, circuitos y etapas de algoritmo descritos en conexión con las realizaciones dadas a conocer en el presente documento pueden ser implementados como soporte físico electrónico, soporte lógico de ordenador o combinaciones de ambos. Para ilustrar claramente esta intercambiabilidad de soporte físico y de soporte lógico, diversos componentes ilustrativos, bloques, módulos, circuitos y etapas han sido descritos más arriba en general en términos de su funcionalidad. Que tal funcionalidad se implemente como soporte físico o soporte lógico depende de la aplicación particular y de restricciones de diseño impuestas por el sistema en su conjunto. Las personas expertas en la técnica pueden implementar la funcionalidad descrita de maneras cambiantes para cada aplicación particular, pero no debería interpretarse que tales decisiones de implementación causen un alejamiento del alcance de la presente invención.

Los diversos bloques lógicos ilustrativos, módulos y circuitos descritos en conexión con las realizaciones dadas a conocer en el presente documento pueden ser implementados o llevados a cabo con un procesador de uso general,

un procesador de señales digitales (DSP), un circuito integrado para aplicaciones específicas (ASIC), una matriz de puertas programables in situ (FPGA) u otro dispositivo lógico programable, componentes de puertas discretas, lógica de transistor o soporte físico discreto, o cualquier combinación de los mismos diseñada para llevar a cabo las funciones descritas en el presente documento. Un procesador de uso general puede ser un microprocesador, pero, de forma alternativa, el procesador puede ser cualquier procesador, controlador, microcontrolador o máquina de estado convencionales. Un procesador también puede ser implementado como una combinación de dispositivos de cálculo, por ejemplo una combinación de un DSP y un microprocesador, una pluralidad de microprocesadores, uno o más microprocesadores en unión con un núcleo de DSP o cualquier otra configuración de ese tipo.

Las etapas de un procedimiento o un algoritmo descritas en conexión con las realizaciones dadas a conocer en el presente documento pueden plasmarse directamente en soporte físico, en un módulo de soporte lógico ejecutado por un procesador o en una combinación de los dos. Un módulo de soporte lógico puede residir en memoria RAM, memoria flash, memoria ROM, memoria EPROM, memoria EEPROM, registros, un disco duro, un disco extraíble, un CD-ROM o cualquier otra forma de medio de almacenamiento conocido en la técnica. Un medio de almacenamiento ejemplar está acoplado al procesador de tal modo que el procesador puede leer información del medio de almacenamiento y escribir información en el mismo. De manera alternativa, el medio de almacenamiento puede ser integral al procesador. El procesador y el medio de almacenamiento pueden residir en un ASIC. El ASIC puede residir en un terminal de usuario. De manera alternativa, el procesador y el medio de almacenamiento pueden residir en componentes diferenciados en un terminal de usuario.

Se proporciona la descripción previa de las realizaciones dadas a conocer para permitir que cualquier persona experta en la técnica realice o use la presente invención. Diversas modificaciones de estas realizaciones serán inmediatamente evidencias a las personas expertas en la técnica, y los principios genéricos definidos en el presente documento pueden ser aplicados a otras realizaciones sin apartarse del alcance de la invención. Así, no se contempla que la presente invención esté limitada a las realizaciones mostradas en el presente documento, sino que debe adjudicársele el alcance más amplio coherente con los principios y las características novedosas dadas a conocer en el presente documento.

REIVINDICACIONES

1. Un estimador (100) de canal para determinar parámetros (112) de estimación de canal indicativos de características de un canal de comunicaciones inalámbricas en base a una señal recibida (102) que comprende una señal transmitida conocida y una señal de ruido, **caracterizado porque** el estimador (100) de canal está configurado para aplicar a la señal recibida (102) una inversa de la representación de dominio frecuencial de una combinación de un factor de señal conocida como función de frecuencia y un factor de ruido, en el que el factor de señal conocida se basa en el cuadrado de la señal conocida y se determina usando una señal recreada transmitida en el dominio frecuencial, en el que la señal recreada transmitida se recrea a partir de una señal recibida previamente.
2. Un estimador (100) de canal según la reivindicación 1 en el que el estimador (100) de canal está configurado, además, para aplicar una función de ecualización inversa que incluye dicha combinación en un denominador de una representación de dominio frecuencial de la función de ecualización inversa.
3. Un estimador (100) de canal según la reivindicación 2 en el que la representación de dominio frecuencial de la función de ecualización inversa es igual a:
$$\frac{K^*(f)}{|K(f)|^2 + |N|^2}$$
, siendo $K^*(f)$ el conjugado complejo de la señal conocida en el dominio frecuencial como función de la frecuencia y siendo N un ruido estimado.
4. Un estimador (100) de canal según la reivindicación 3 en el que N es una función de la frecuencia.
5. Un estimador (100) de canal según la reivindicación 3 en el que N es una constante.
6. Un estimador (100) de canal según la reivindicación 1 en el que la combinación del factor de señal conocida como función de la frecuencia y el factor de ruido aparece en un denominador de una representación de dominio frecuencial de una función de ecualización inversa.
7. Un estimador (100) de canal según la reivindicación 6 en el que la combinación es igual a la suma de la señal conocida al cuadrado y una estimación de ruido al cuadrado.
8. Un estimador (100) de canal según la reivindicación 7 en el que la señal conocida comprende una señal piloto.
9. Un estimador (100) de canal según la reivindicación 1 que, además, comprende:
 - un procesador (202) de transformación rápida de Fourier (FFT) configurado para transformar la señal recibida (102) de un dominio temporal a un dominio frecuencial; y
 - un ecualizador inverso (204) del dominio frecuencial configurado para multiplicar la señal recibida de dominio frecuencial por la inversa de la representación de dominio frecuencial de la combinación del factor de señal conocida como función de frecuencia y el factor de ruido.
10. Un estimador (100) de canal según la reivindicación 9 en el que el factor de señal conocida se basa en una señal conocida que comprende un piloto en el dominio frecuencial.
11. Un estimador (100) de canal según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10 que, además, comprende:
 - un procesador (110) de trayectorias de la señal configurado para generar parámetros (114) de reducción del ruido para su aplicación a los parámetros del canal, comprendiendo el procesador de trayectorias de la señal: un buscador (118) configurado para identificar trayectorias de la señal desde un transmisor hasta el procesador (110) de trayectorias de la señal; y
 - un filtro (122) de ventanas configurado para generar parámetros de reducción del ruido que, cuando se aplican a los parámetros (112) del canal, atenúan al menos parcialmente los parámetros (112) del canal dentro de las ventanas temporales filtradas entre los retrasos temporales de las trayectorias identificadas de la señal.
12. Un estimador (100) de canal según la reivindicación 11 en el que los parámetros de reducción de ruido dan como resultado una estimación de canal cero dentro de las ventanas temporales filtradas.
13. Un estimador (100) de canal según la reivindicación 11 en el que las ventanas temporales filtradas se aplican entre las ventanas temporales de transmisión centradas en los retrasos temporales de las trayectorias identificadas de la señal.
14. Un estimador (100) de canal según la reivindicación 13 en el que las ventanas temporales de transmisión tienen una longitud de 7 segmentos de código.

15. Un estimador (100) de canal según la reivindicación 11 en el que el procesador (110) de trayectorias de la señal, además, comprende:
- un procesador (302) de transformación rápida de Fourier (FFT) configurado para transformar la señal recibida (102) de un dominio temporal a un dominio frecuencial;
- 5 el buscador (118) que aplica una señal piloto de dominio frecuencial a la señal recibida de dominio frecuencial para generar trayectorias de señal de dominio frecuencial; y
- un procesador inverso (308) configurado para transformar las trayectorias identificadas de señal de dominio frecuencial en trayectorias identificadas de señal de dominio temporal para su procesamiento por el filtro (122) de ventanas.
- 10 16. Un estimador (100) de canal según la reivindicación 1 en el que la señal piloto de dominio frecuencial comprende:
- una versión de dominio frecuencial de una señal piloto rellena.
17. Un estimador (100) de canal según la reivindicación 16 en el que la señal piloto rellena comprende:
- una secuencia piloto;
- 15 una secuencia de prefijo anterior a la secuencia piloto; y
- una secuencia de sufijo posterior a la secuencia piloto.
18. Un estimador (100) de canal según la reivindicación 17 en el que la secuencia de prefijo comprende una pluralidad de bits cero y la secuencia de sufijo comprende una pluralidad de bits cero.
- 20 19. Un procedimiento para generar una estimación de canal para su aplicación por parte de un compensador de canal, comprendiendo el procedimiento:
- la determinación de parámetros de estimación de canal indicativos de características de un canal de comunicaciones inalámbricas en base a una señal recibida que comprende una señal transmitida conocida y una señal de ruido, **caracterizado por** la aplicación a la señal recibida una inversa de la representación de dominio frecuencial de una combinación de un factor de señal conocida como función de frecuencia y un
- 25 factor de ruido, en el que el factor de señal conocida se basa en el cuadrado de la señal conocida y se determina usando una señal recreada transmitida en el dominio frecuencial, en el que la señal recreada transmitida se recrea a partir de una señal recibida previamente.
20. Un procedimiento según la reivindicación 19 en el que la determinación comprende la aplicación de una función de ecualización inversa que incluye dicha combinación en un denominador de una representación de dominio frecuencial de la función de ecualización inversa.
- 30 21. Un procedimiento según la reivindicación 20 en el que la representación de dominio frecuencial de la función de ecualización inversa es igual a:
- $$\frac{K^*(f)}{|K(f)|^2 + |N|^2}, \text{ siendo } K^*(f) \text{ el conjugado complejo de la señal conocida en el dominio frecuencial como función de la frecuencia y siendo } N \text{ un ruido estimado.}$$
- 35 22. Un procedimiento según la reivindicación 21 en el que N es una función de la frecuencia.
23. Un procedimiento según la reivindicación 21 en el que N es una constante.
24. Un procedimiento según la reivindicación 21 en el que la señal conocida comprende una señal piloto de dominio frecuencial.
25. Un procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 19 a 24 que, además, comprende:
- 40 la generación de parámetros de reducción de ruido identificando una pluralidad de trayectorias de la señal desde un transmisor hasta un receptor, teniendo cada trayectoria de señal un retraso temporal relativo a una referencia, y la generación de los parámetros de ruido que, cuando se aplican a los parámetros del canal, atenúan al menos parcialmente los parámetros del canal dentro de las ventanas temporales filtradas entre los retrasos temporales de las trayectorias identificadas de la señal.

26. Un programa de ordenador para implementar el procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 19 a 25 cuando son ejecutadas por un medio de procesamiento.

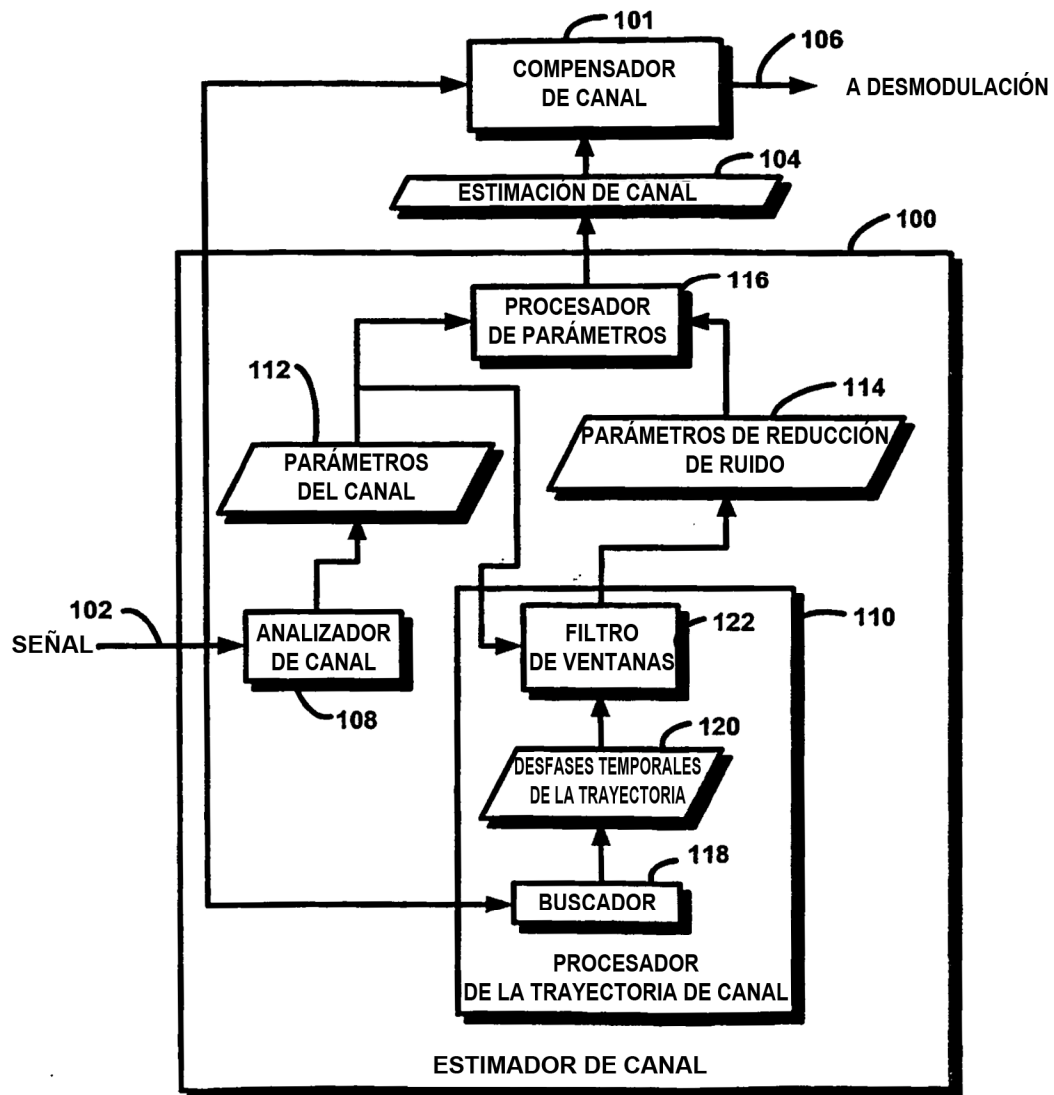


FIG. 1

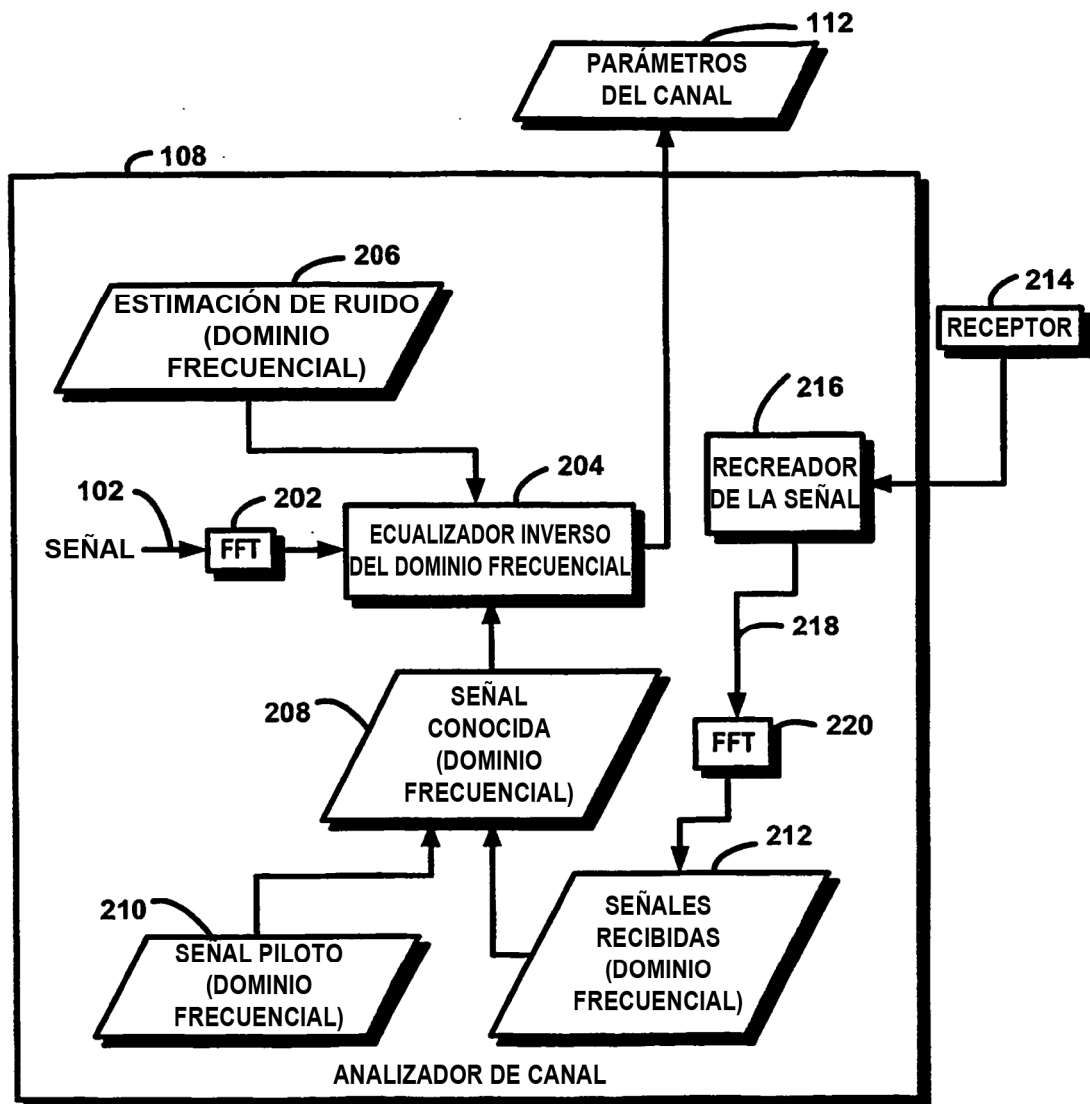


FIG. 2

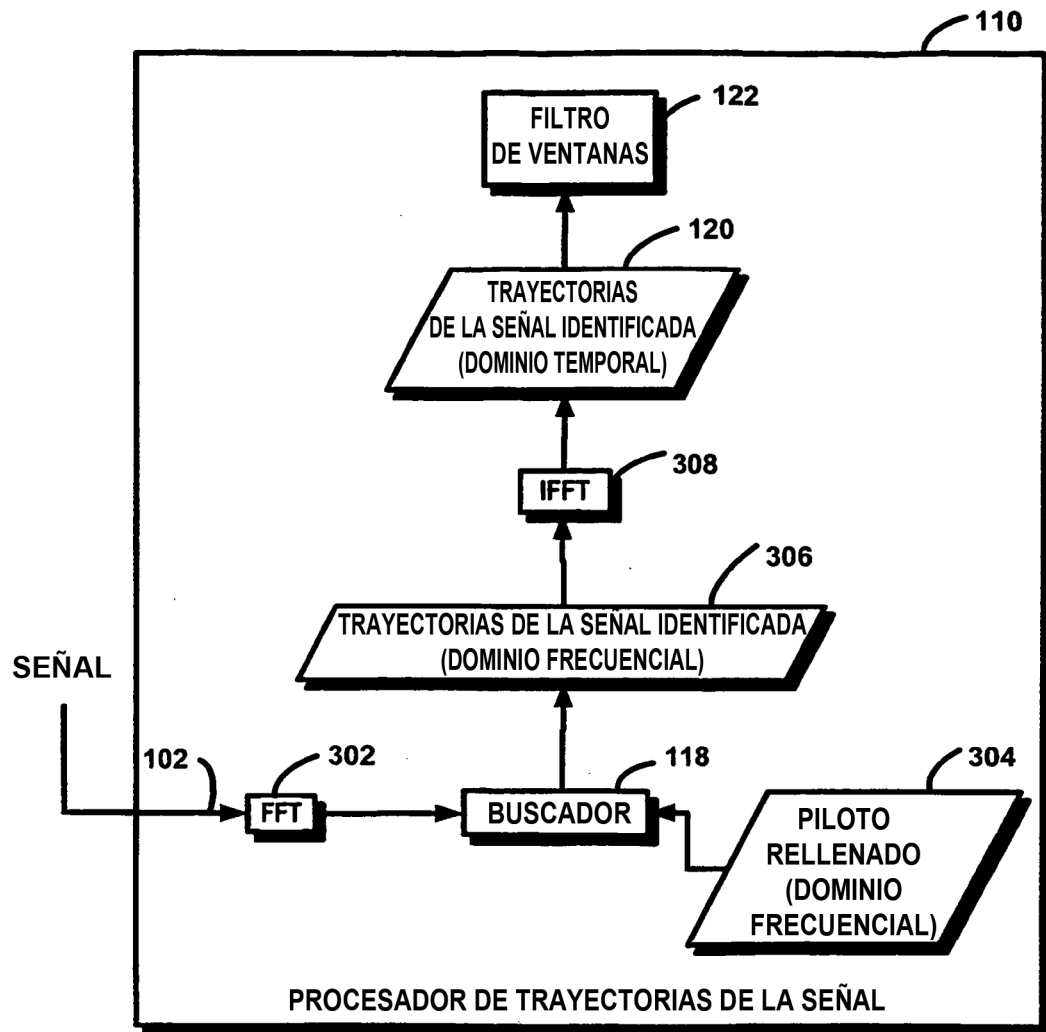


FIG. 3

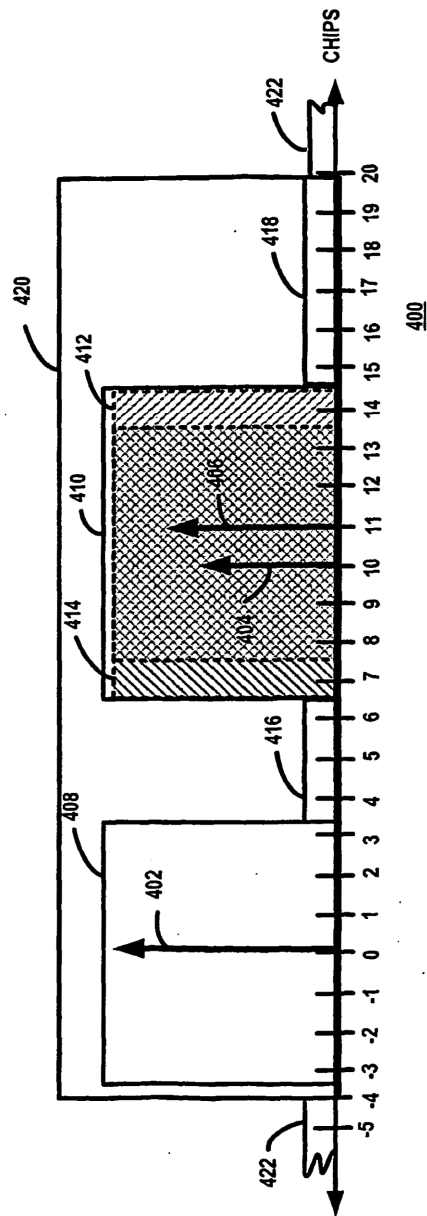


FIG. 4

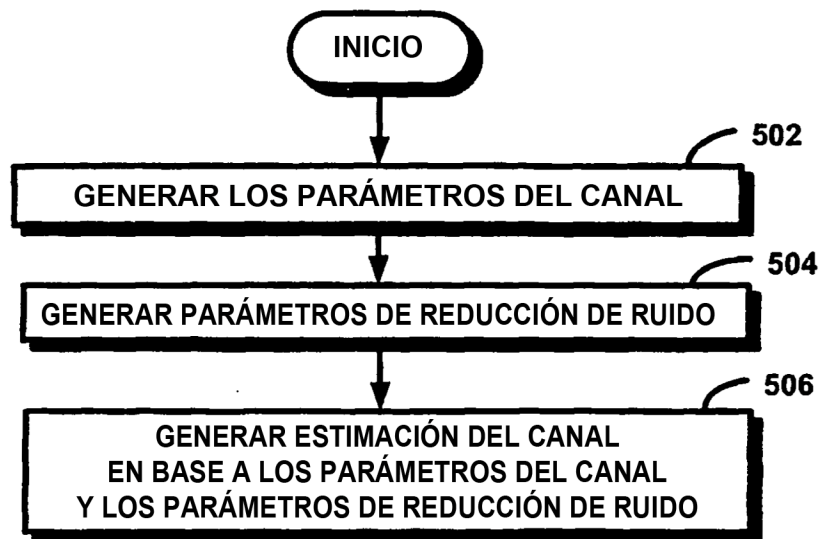


FIG. 5

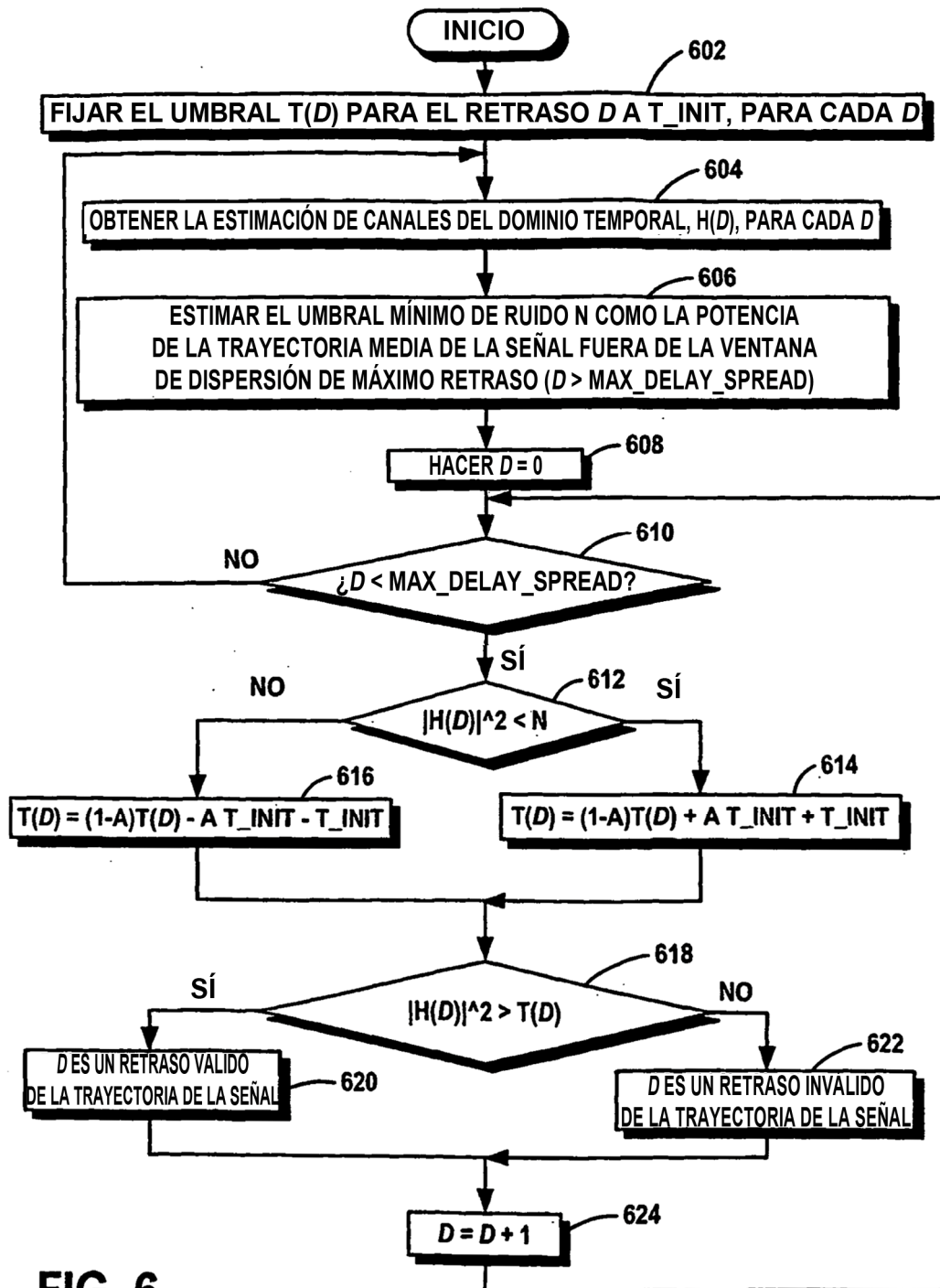


FIG. 6