

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 414 529**

21 Número de solicitud: 201101326

51 Int. Cl.:

**H04B 3/54** (2006.01)

**H04L 27/26** (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A1

22 Fecha de presentación:

**16.12.2011**

43 Fecha de publicación de la solicitud:

**19.07.2013**

56 Se remite a la solicitud internacional:

**PCT/ES2012/000310**

71 Solicitantes:

**UNIVERSIDADE DE VIGO (100.0%)  
CAMPUS UNIVERSITARIO S/N  
36310 VIGO (Pontevedra) ES**

72 Inventor/es:

**TORIO GOMEZ, Pablo y  
GARCIA SANCHEZ, Manuel**

54 Título: **MÉTODO DE CANCELACIÓN DE RUIDO IMPULSIVO EN SISTEMAS POWER LINE COMMUNICATIONS (PLC) MEDIANTE PROCESADO DE LAS PORTADORAS LIBRES DE TRANSMISIÓN**

57 Resumen:

Los sistemas de comunicación a través de las líneas de alimentación eléctrica, denominados Power Line Communications (PLC) suelen dejar sin transmisión de potencia ciertas portadoras o porciones del espectro para respetar posibles interferencias con otros servicios de comunicación por radio, como por ejemplo radioaficionados. Este método de cancelación de ruido impulsivo para sistemas PLC consiste en procesar estas portadoras libres en el receptor, para averiguar la amplitud y fase de los pulsos de ruido impulsivo cuando éstos aparezcan en las líneas de transmisión y poder proceder de esta manera a su cancelación.

ES 2 414 529 A1

**DESCRIPCIÓN****Método de cancelación de ruido impulsivo en sistemas Power Line Communications (PLC) mediante procesado de las portadoras libres de transmisión****Sector de la técnica**

5

Este método encuentra aplicación en el sector de las telecomunicaciones. Más concretamente en lo relativo a los sistemas de transmisión y recepción de señales por línea. Entre éstos, en aquellos con sistema de modulación y transmisión digital. Y en especial, aquellos con modulación de tipo multitono como Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM). La aplicación principal es para sistemas de comunicación por línea eléctrica de alimentación, llamados Power Line Communications (PLC) que están reglamentados por normas de carácter internacional como la IEEE P1901 y otras similares.

10

**Estado de la técnica**

15

La mayor parte de los métodos propuestos para tratar de minimizar los efectos del ruido impulsivo (RI) están pensados para transmisiones digitales por radio. Algunas patentes como WO2004002101, EP1309095 y EP1180851 basan su funcionamiento en la localización de los picos de RI a partir de la propia señal de información recibida; cuando creen haber reconocido un pico de RI eliminan la porción de señal correspondiente. Otras publicaciones de interés son las patentes US 20050213692 y EP1361720 que utilizan complejos algoritmos de compensación del RI. También los autores de la presente patente han publicado con anterioridad dos procedimientos aplicables a sistemas de radio: P200402455 que monitoriza el RI en una polarización ortogonal a aquella en que se produce la transmisión y P200402706 que monitoriza el RI en otro canal a una frecuencia diferente.

20

25

Sería por lo tanto deseable un método específicamente diseñado contra el RI en sistemas PLC que no sólo detecte o elimine las muestras de señal que se vean afectadas sino que sea capaz de eliminar la contribución del RI dejando inalterada la señal PLC original.

30

Para ello la presente invención aprovecha que los sistemas PLC dejan sin transmisión de potencia ciertas portadoras o porciones del espectro con objeto respetar posibles

interferencias con otros servicios de comunicación. Este método de cancelación de RI para sistemas PLC consiste en procesar estas portadoras libres en el receptor, para averiguar la amplitud y fase de los pulsos de RI cuando éstos aparezcan en las líneas de transmisión y poder proceder de esta manera a su cancelación. Aquí, el verbo cancelar significa que los pulsos de RI son extirpados de la señal sin afectar a ésta última.

### **Explicación del procedimiento**

El término Power Line Communications (PLC), que puede traducirse como Comunicación por Línea Eléctrica de Alimentación, se usa para identificar tecnologías, equipos, aplicaciones y servicios diseñados para proveer a los usuarios de sistemas de comunicación cuyo medio de transmisión son los cables que transportan la electricidad.

Se denomina ruido impulsivo (RI) a pulsos de gran amplitud que surgen inesperadamente en un canal de comunicación. El RI puede ser clasificado de acuerdo a su origen como ruido natural (no procedente de actividad humana y producido principalmente por rayos en tormentas) y ruido de procedencia humana que comprende: Transitorios en transformadores y motores de inducción, chispas producidas en el colector de motores eléctricos universales y de corriente continua, transitorios por conmutación eléctrica, arcos voltaicos, etc. El efecto combinado de la amplitud de los pulsos, la tasa de aparición y el ancho de banda del receptor puede perjudicar el funcionamiento de los sistemas digitales de comunicación en gran medida, incluso si la relación señal a ruido es alta.

El RI perjudica especialmente la transmisión de las comunicaciones en las líneas eléctricas de alimentación. Su efecto se hace más patente en las que emplean sistemas de modulación y transmisión digital, y con especial virulencia en aquellos con modulación OFDM, como los sistemas PLC a los que se refiere la presente patente.

Se considera que el RI es un fenómeno de banda ancha, es decir que cuando un pulso de RI alcanza el receptor se deben esperar componentes espectrales extendiéndose por todo el ancho de banda del canal de comunicación.

La norma IEEE P1901, ha sido creada por el Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) para regular los sistemas PLC. Esta norma, entre otras, especifica que aquellas portadoras dentro de un símbolo OFDM que se corresponden con las bandas de radioaficionado (que se pueden ver en la figura 1) no deben transmitir potencia para no interferir con estos servicios; por lo tanto, al demodular un símbolo OFDM en estas portadoras que denominaremos libres sólo deberá encontrarse ruido de fondo y cierto nivel de interferencia. Cuando un pulso de RI llega a un receptor OFDM, su potencia se reparte entre todas las portadoras del símbolo debido a sus propiedades de gran amplitud de banda. Este RI también se introduce en las portadoras libres y tendrá una potencia mucho mayor que su ruido de fondo, éste es el principio básico en el que se basa el método que se presenta: Usar la información del RI detectado en las portadoras libres para cancelarlo. Esta cancelación del RI dejando inalterada la señal PLC original implica mayor refinamiento con respecto a otras técnicas existentes que se limitan a eliminar el pulso de RI junto con la muestra correspondiente de señal PLC.

15

### **Descripción de los dibujos**

La figura 1 describe un símbolo OFDM en el dominio de la frecuencia con un reparto de portadoras según la norma IEEE P1901. El símbolo abarca 50 MHz y comprende 2048 portadoras, de las cuales sólo 917 (sombreado rayado espaciado) están efectivamente moduladas por información OFDM. En las 237 portadoras correspondientes a las bandas del servicio de radioaficionados (sombreado rayado denso) no se transmite potencia; sin embargo el RI (sombreado punteado) está presente en todas las portadoras en mayor o menor medida. Las portadoras del principio y del final (sin sombreado) permanecen sin uso, las del principio se corresponden con las bandas del servicio de radiodifusión de onda media por AM y el resto de las bandas inferiores, y las del final se dejan sin modular aunque podrían llegar a usarse en un futuro.

La figura 2 es un diagrama de bloques que describe el funcionamiento del método de cancelación de RI que se presenta. El bloque (1) calcula un umbral de detección de picos de RI y el bloque (2) realiza la detección de esos picos de acuerdo con el anterior umbral. El bloque (3) calcula una transformada rápida de Fourier (Fast Fourier Transform) y el bloque (4) extrae las 237 portadoras libres correspondientes a las bandas de

radioaficionado descritas en la figura 1. Finalmente, el bloque (5) es el encargado de generar la secuencia canceladora de RI.

### **Exposición detallada del procedimiento**

5

En el diagrama de bloques de la figura 2, se representa el método básico, objeto de esta patente.

10 En la parte superior izquierda se indica la llegada de la señal  $s[n]$ , que es el símbolo OFDM en el dominio del tiempo. Esta señal de partida  $s[n]$  es discreta compleja. Para obtenerla se deben efectuar varios procedimientos habituales, como amplificación, filtrado, muestreo, sincronizado, estimación de canal y otros procesos, que son independientes de lo expuesto en esta patente. La señal  $s[n]$  contiene la información que se desea recibir, y sumada a ésta, la perturbación de RI que se desea eliminar. El método básico se compone de cuatro  
15 etapas.

Etapa A: La señal  $s[n]$  pasa por el bloque (1) de la figura 2. Aquí se calcula el umbral de nivel de amplitud  $T_h$  que se utilizará para discriminar qué muestras de  $s[n]$  serán objeto de estudio para determinar si están afectadas o no por RI. Este estudio se realiza en el bloque  
20 (2), donde se examinan todas las muestras de  $s[n]$  y se marcan aquellas que tengan una amplitud que supere el umbral  $T_h$ . En el bloque (2) de la figura 2 se supone a modo de ejemplo que  $M$  muestras superan el umbral de amplitud  $T_h$ : Estas muestras se denominan  $s[n_0]$ ,  $s[n_1]$ , ...,  $s[n_{M-1}]$ , y con ellas se averigua en qué posición de  $s[n]$  se hallan las muestras marcadas. Con estas posiciones se crea un tren de deltas denominado  $t[n]$ .

25

Etapa B: Al mismo tiempo, la señal original  $s[n]$  entra en el bloque (3) de la figura 2, donde se extraen sus portadoras o componentes frecuenciales complejas mediante Fast Fourier Transform (FFT), obteniéndose su versión en el dominio discreto de la frecuencia  $S[k]$ . En el bloque (4) de la figura 2, se extraen de  $S[k]$  solo aquellas portadoras que deben  
30 estar libres de transmisión según la norma IEEE P1901 y que coinciden con las sombreadas con rallado denso en la figura 1. La información relativa a estas muestras donde no se ha transmitido potencia alguna se denominará  $X[k]$  y se considerará que los valores que se hallen ahí son debidos a RI exclusivamente.

Etapa C: Al bloque (5) de la figura 2 llega por un lado  $t[n]$ , hallado en la Etapa A y que consiste en las posiciones de aquellas muestras de  $s[n]$  que superaron el umbral  $Th$ . Y por otro lado  $X[k]$ , hallado en la Etapa B y que contiene la información frecuencial de las portadoras complejas en las que no se transmitió potencia alguna. A partir de toda esta información, el bloque (5) de la figura 2 calcula  $d[n]$ , que es una estimación de los valores complejos correspondientes al RI de los pulsos localizados en las posiciones determinadas por  $t[n]$ . Aquellas muestras de  $d[n]$  que sean cero o cercanas a cero no estarán afectadas por RI. Si por el contrario, alguna muestra de  $d[n]$  tiene un valor complejo significativo será porque contiene RI.

Etapa D: Se puede considerar que  $d[n]$  es íntegramente la perturbación de RI puro. Por lo tanto, para eliminar de  $s[n]$  el RI bastará con restarle  $d[n]$ , obteniéndose la secuencia limpia final  $c[n]$  que se encuentra señalada en la parte superior derecha de la figura 2.

15

El método básico descrito puede presentar diversas variantes:

Variante 1: Debido a imperfecciones en los equipos de modulación PLC es posible encontrar pequeñas contribuciones de potencia en las portadoras prohibidas por la norma. Ello puede ser debido a productos de intermodulación o a la falta de atenuación suficiente de los filtros a estas frecuencias. El método debe monitorizar la posible presencia de estas portadoras, solo parcialmente libres de transmisión y excluirlas del proceso de cálculo, o bien cabe la posibilidad de incluirlas igualmente si su amplitud no es excesiva.

Variante 2: El método que presenta no tiene por qué restringirse únicamente a las portadoras libres de transmisión representadas en la figura 1. Fuera del espectro ocupado por el sistema PLC existen más frecuencias en las que no se transmite señal y que podrían ser utilizadas para calcular la secuencia de RI.

Variante 3: De la misma manera, no es necesario utilizar la totalidad de las portadoras representadas en la figura 1 para determinar el RI. El cálculo puede realizarse también utilizando solo parte de ellas. De este modo se perdería precisión, pero con la ventaja de que la carga computacional sería más baja, aumentando la capacidad global de proceso del receptor.

Variante 4: Existe la posibilidad de que aparezcan de forma continuada interferencias de banda estrecha dentro de las portadoras prohibidas. Para estos casos, y de forma similar a lo expuesto en la variante 1, se debe monitorizar la presencia de portadoras interferidas y excluirlas del proceso de cálculo.

Variante 5: El método descrito podría utilizarse sin incluir la Etapa D, solamente para detectar RI y no para cancelarlo.

Variante 6: Sobre el método básico, se podría implementar un procedimiento iterativo que realimentara el resultado del cálculo a la entrada del proceso, con el fin de afinar el método de cancelación del RI, a costa de mayor complejidad computacional.

Variante 7: Aunque inicialmente se ha supuesto que la señal  $s[n]$  ya está muestreada, sincronizada y con la estimación de canal hecha, también es posible aplicar el método justo después del muestreo, antes de las etapas de sincronizado y de estimación de canal.

Variante 8: De forma similar a lo expuesto en la variante 7, podría aplicarse el método no justo después del muestreo, ni tampoco al final de todas las etapas de sincronizado y estimación de canal, sino intercalado entre ellas.

Variante 9: El método objeto de esta patente es susceptible de ser combinado con otros métodos ya conocidos, como el recortado o clipping previo de la señal. Tales combinaciones no significan una variación real de la naturaleza del método que es objeto de esta patente.

Variante 10: El método base se describe en función de la norma IEEE P1901, que es la que se expone en la figura 1..

5 Variante 11: El método base se describe considerando OFDM como sistema de modulación de la señal  $s[n]$ . Sin embargo, existen otros esquemas de modulación para los que el método sigue siendo válido igualmente, como Windowed-OFDM, OFDM-Wavelet u otras variantes.

10 Variante 12: Tampoco es estrictamente necesario que se use una variante de modulación OFDM para el correcto funcionamiento del método. El método que se patenta no depende del sistema de modulación empleado.

15 Variante 13: En este documento se ha utilizado constantemente el término PLC para referirse a los sistemas de comunicación por línea que se vean afectados por RI. Otros sistemas de comunicación por línea afectados por RI pueden beneficiarse del método expuesto aunque no se denominen específicamente PLC, siempre y cuando compartan la misma característica que consiste en evitar la transmisión de señal en determinadas portadoras de frecuencia, que son las que pueden utilizarse para calcular el RI según se ha descrito en el método básico.

20

### **Aplicación del procedimiento a la industria**

25 El RI en las líneas eléctricas de alimentación constituye un grave problema para los sistemas de comunicación sobre este medio físico. El procedimiento de cancelación que se presenta se puede añadir al firmware de cualquier receptor de un sistema PLC para mejorar su comportamiento frente al RI. Constituye una mejora con respecto a otros métodos existentes que tan solo se limitan a eliminar las muestras sospechosas de contener ruido impulsivo, y con respecto a otros métodos que emplean complicados algoritmos que consumen gran cantidad de tiempo de procesado.



## REIVINDICACIONES

1. Método de cancelación de ruido impulsivo (RI) en un sistema Power Line Communications (PLC) que **comprende** al menos las siguientes etapas:

- a) Sobre una señal eléctrica procesada  $s[n]$  que ha sufrido procedimientos habituales de tratamiento de señal se examinan todas las muestras de  $s[n]$  y se marcan aquellas que tengan una amplitud que supere un umbral definido.
- b) Sobre la misma señal  $s[n]$  se calcula la transformada en el dominio de frecuencia. A continuación se extraen los valores de aquellas portadoras que deben estar libres o teóricamente libres de potencia según la norma empleada por el sistema de transmisión.
- c) Sobre la información obtenida en las etapas a) y b) se calcula una estimación de los valores complejos correspondientes al RI en el dominio del tiempo de los pulsos marcados según la etapa a).
- d) Cancelación del RI restando a la señal  $s[n]$  la secuencia reconstruida en la etapa c).

2. Método de cancelación de ruido impulsivo (RI) en un sistema Power Line Communications (PLC) que **comprende** al menos las siguientes etapas:

- a) Sobre una señal eléctrica procesada  $s[n]$ , que ha sufrido procedimientos habituales de tratamiento de señal, se examinan todas las muestras de  $s[n]$  y se marcan aquellas que tengan una amplitud que supere un umbral definido.
- b) Sobre la misma señal  $s[n]$  se calcula la transformada en el dominio de frecuencia. A continuación se extraen los valores de aquellas portadoras que deben estar libres o teóricamente libres de potencia en el rango de trabajo elegido, con independencia de lo que marque la norma utilizada para la transmisión.
- c) Sobre la información obtenida en las etapas a) y b) se calcula una estimación de los valores complejos correspondientes al RI en el dominio del tiempo de los pulsos marcados según la etapa a).
- d) Cancelación del RI restando a la señal  $s[n]$  la secuencia reconstruida en la etapa c).

3. Método de cancelación de ruido impulsivo (RI) en un sistema Power Line Communications (PLC), según reivindicaciones 1-2 **caracterizado por** no utilizar en la etapa b) la totalidad de las portadoras, sino utilizando solamente un subconjunto de ellas.

4. Método de cancelación de ruido impulsivo (RI) en un sistema Power Line Communications (PLC), según reivindicaciones 1-3, **caracterizado por** excluir del cálculo en la etapa b) aquellas portadoras en las que se detecte potencia de forma continuada debido a interferencias de banda estrecha.

5

5. Método de cancelación de ruido impulsivo (RI) en un sistema Power Line Communications (PLC), según reivindicaciones 1-4 **caracterizado por** usar la información resultante de las etapas c) y/o d) para afinar el proceso de cálculo mediante un proceso de realimentación.

10

6. Método de cancelación de ruido impulsivo (RI) en un sistema Power Line Communications (PLC), según reivindicaciones 1-5 **caracterizado por** basarse en la norma IEEE P1901 para determinar las portadoras libres en la etapa b).

15

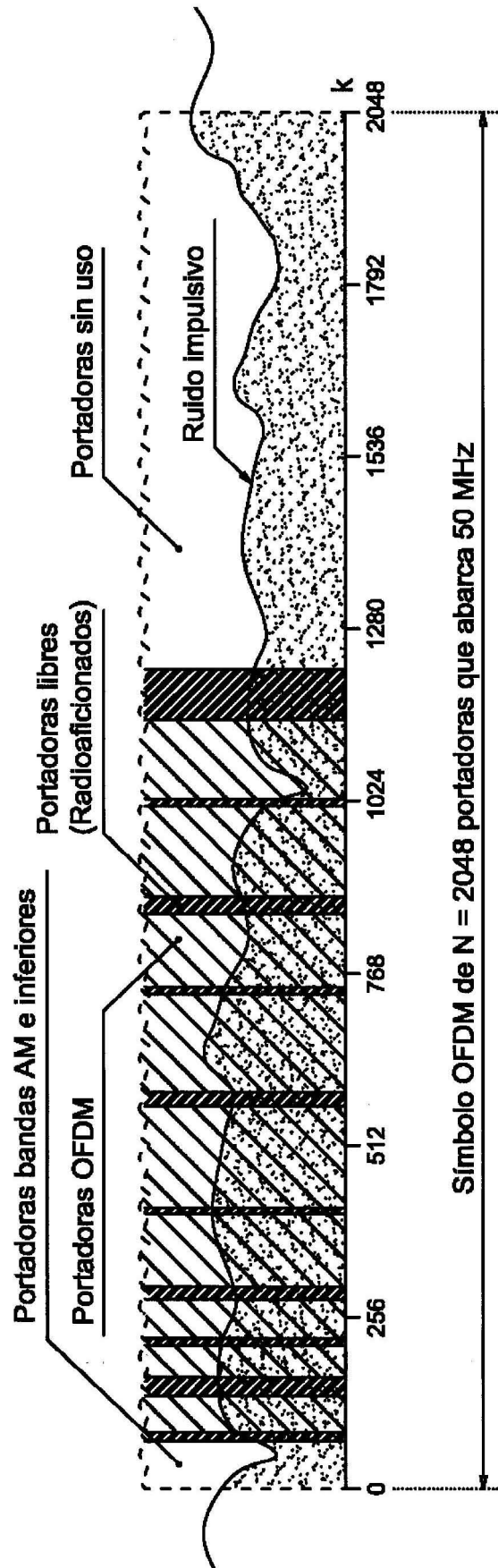


FIGURA 1

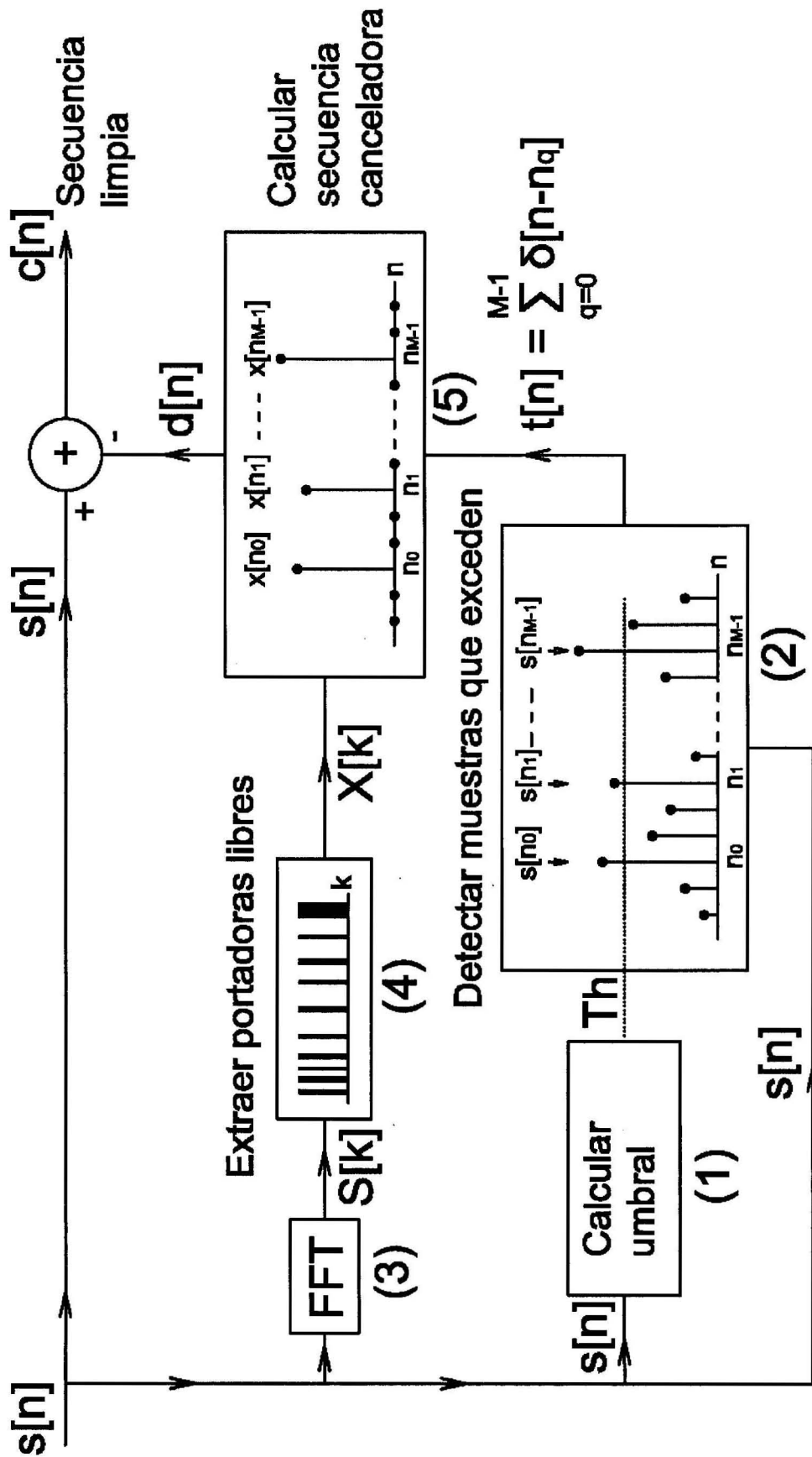


FIGURA 2