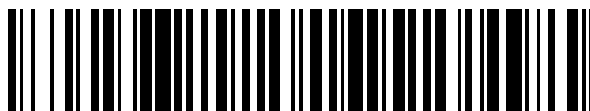


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 452 170**

51 Int. Cl.:

H04L 5/00 (2006.01)

H04L 27/00 (2006.01)

H04N 5/44 (2011.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.04.2010** **E 10726576 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.03.2014** **EP 2430809**

54 Título: **Detección robusta de transmisiones de DVD-T/H**

30 Prioridad:

14.05.2009 US 178231 P

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

31.03.2014

73 Titular/es:

KONINKLIJKE PHILIPS N.V. (100.0%)
High Tech Campus 5
5656 AE Eindhoven , NL

72 Inventor/es:

GHOSH, MONISHA y
GADDAM, VASANTH

74 Agente/Representante:

ZUAZO ARALUZE, Alexander

ES 2 452 170 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

Detección robusta de transmisiones de DVD-T/H

- 5 La invención se refiere en general a dispositivos en una red de radio cognitiva (CR), y más particularmente, a un método y a un sistema que detecta transmisiones de difusión de vídeo digital (DVB).

10 Las nuevas políticas de espectro que adoptan los organismos reguladores prevén la operación de dispositivos secundarios sin licencia en las bandas de frecuencia designadas para una operación con licencia. Los dispositivos secundarios pueden operar sólo cuando esa banda está libre o no está usándose por un dispositivo primario. Esto implica que los dispositivos secundarios tienen que desocupar la banda cuando un dispositivo primario inicia una transmisión con el fin de minimizar la cantidad de interferencia que los dispositivos secundarios provocarían en los dispositivos primarios. Los dispositivos secundarios también se denominan radios cognitivas (CR) debido a su capacidad para detectar el entorno y adaptarse de manera correspondiente. La banda de UHF (frecuencia ultra alta) asignada para una difusión de televisión es un candidato ideal para permitir la operación de dispositivos de CR.

15 En los Estados Unidos, con el fin de evitar una interferencia en o desde difusiones a partir de transmisiones y/o mercados vecinos, sólo pueden usarse algunas de las bandas de TV en cualquier ubicación geográfica dada. Como resultado, las bandas de TV restantes no se usan en gran parte y, por tanto, pueden utilizarse para otros fines (tal como redes domésticas, etc.). Otros dominios reguladores también tienen una asignación similar de canales de TV.

20 Para evitar una interferencia dañina en la recepción de televisión digital (DTV) por, por ejemplo, dispositivos de CR, los organismos reguladores han estipulado una detección fiable de señales de DTV a intensidades de señal de tan solo -114 dBm. Por tanto, los dispositivos de CR deben detectar el canal para transmisiones primarias antes de que puedan usar ese canal particular. Este requisito exige que los dispositivos de CR implementen algoritmos de detección robusta para detectar la presencia de señales de DTV (DVB-T/H) (difusión de vídeo digital - terrestre/portátil).

25 Sin embargo, a diferencia de la señal de ATSC (Comité de Sistemas de Televisión Avanzados) de 8-VSB (banda lateral vestigial de 8 niveles) que tiene un único piloto en una ubicación conocida en el dominio de frecuencia, una señal de DVB-T tiene varios pilotos de potencia inferior distribuidos en el dominio de frecuencia. Por tanto, el enfoque de filtrado en el dominio de frecuencia con el fin de detectar los pilotos no es viable para DVB-T. En cambio, un mejor enfoque sería correlacionar en el dominio de tiempo con una señal de dominio de tiempo conocida que representa los pilotos de dominio de frecuencia. Los algoritmos de detección existentes para la detección de señales de DVB-T y DVB-H funcionan bien sólo con un subconjunto de modos de transmisión. Según las realizaciones en el presente documento, un algoritmo de detección mejora el rendimiento de detección y funciona igualmente bien para todos los modos de transmisión.

30 La mayoría de las señales de OFDM (multiplexación por división de frecuencia ortogonal), tales como las usadas para transmitir televisión digital usando DVB-T, tienen pilotos en el dominio de frecuencia para una estimación y sincronización de canales. Por ejemplo, la solicitud de patente del Reino Unido n.º GB2447972 describe un método para sincronizar símbolos de OFDM. Hay dos tipos de señales piloto incorporadas en el flujo de datos: (1) pilotos fijos, cuyos valores y ubicaciones son fijos y (2) pilotos variables, cuyos valores son fijos pero las ubicaciones cambian de un símbolo a otro, repitiéndose a veces en un patrón conocido. Ambos tipos pueden usarse para la detección, dependiendo del grado de complejidad deseada. El enfoque fundamental tomado en este caso es visualizar estos pilotos en el dominio de tiempo como una secuencia conocida continua que está incorporada en la secuencia de datos y correlacionar la señal recibida con esta secuencia conocida. Puesto que DVB-T tiene un número de diferentes tamaños de FFT (transformada rápida de Fourier) y prefijos cíclicos, se genera una señal de referencia diferente para cada modo y se correlaciona para determinar el tipo de señal presente.

35 En una realización de ejemplo de la invención, se proporciona un método según la reivindicación 1.

En otra realización de ejemplo de la invención, se proporciona un sistema según la reivindicación 7.

40 La materia considerada como la invención se indica particularmente y se reivindica con claridad en las reivindicaciones 1-12. Las anteriores y otras características y ventajas de la invención resultarán evidentes a partir de la siguiente descripción detallada tomada junto con los dibujos adjuntos.

45 La figura 1 ilustra un símbolo de OFDM con prefijo cíclico (CP).

50 La figura 2 ilustra la ubicación de subportadoras de piloto dispersas en símbolos de OFDM de DVB-T.

La figura 3 ilustra la correlación en CP para un modo 2K, 1/32 con SNR de 5 dB y -5 dB.

55 La figura 4 ilustra la correlación en pilotos para un modo 2K, 1/32 con SNR de -5 dB y -10 dB.

La figura 5 ilustra un diagrama de bloques de un detector de DVB-T que usa suavizado de datos en una realización de la invención.

La figura 6 ilustra un diagrama de bloques de un detector de DVB-T que usa suavizado de datos en otra realización de la invención.

La figura 7 ilustra una comparación de representación gráfica de correlación sin suavizado de datos (superior) y con suavizado de datos (inferior) para un modo 2K, 1/32 con una SNR de -15 dB y $L = 8$.

La figura 8 ilustra el rendimiento del detector mejorado en un canal con desvanecimiento de Rayleigh y AWGN para el modo 2K, 1/32.

La figura 9 ilustra una comparación del rendimiento de uno convencional (sin suavizado de datos) y uno robusto (con suavizado de datos) en un canal con desvanecimiento de Rayleigh y AWGN para el modo 2K, 1/32.

La figura 10 ilustra el rendimiento del detector de DVB-T usando el correlador cruzado simplificado.

La figura 11 ilustra un proceso para detectar la presencia de una señal de DVB.

La invención se define por el alcance de las reivindicaciones 1-12. En general, a menos que se indique de otro modo, los elementos en singular en los dibujos pueden estar en plural y viceversa sin ninguna pérdida de generalidad. En los dibujos, los números de referencia similares se refieren a partes similares en varias vistas.

Breve descripción de la especificación de transmisión de DVB-T

La difusión de vídeo digital terrestre (DVB-T) se ha normalizado por el Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones (ETSI) para la difusión terrestre de TV digital. La norma de DVB-T usa un esquema de modulación de multiplexación por división de frecuencia ortogonal (OFDM) y proporciona opciones para adaptar los parámetros de codificación y modulación según los requisitos del difusor. La especificación de DVB-T proporciona dos modos de operaciones: concretamente, el “modo 2K” y el “modo 8K”. Además, la mejora de DVB-H proporciona el “modo 4K”. Los modos se definen basándose en el tamaño de FFT (transformada rápida de Fourier) usado para generar las señales transmitidas. Algunos de los parámetros para cada uno de estos modos están enumerados en la tabla 1.

Parámetro	Modo 8K	Modo 2K
Número de portadoras K	6817	1705
Valor de número de portadoras $K_{\min}$	0	0
Valor de número de portadoras $K_{\max}$	6816	1704
Duración T_U	896 μ s	224 μ s
Separación de portadoras $1/T_U$	1116 Hz	4464 Hz
Separación entre portadoras $K_{\min}$ y $K_{\max}$ $(K-1)/T_U$	7,61 MHz	7,61 MHz

Tabla 1 – Parámetros de DVB-T para modo 8K y 2K

La señal transmitida de DVB-T se organiza en tramas. Cada trama consiste en 68 símbolos de OFDM y cuatro tramas de este tipo constituyen una supertrama. Tal como se muestra en la figura 1, un símbolo 100 de OFDM consiste en dos partes: un periodo 102 de símbolo útil y un intervalo 101 de seguridad. Una parte del símbolo útil se transmite en el intervalo 101 de seguridad (denominado prefijo cíclico (CP)), y esta característica se usa para minimizar la interferencia entre símbolos. La especificación de DVB-T proporciona una elección de 1/4, 1/8, 1/16 ó 1/32 del periodo de símbolos para el intervalo de seguridad.

Además del CP, la norma de DVB-T proporciona las siguientes señales de referencia para ayudar en la sincronización, demodulación y decodificación de la señal.

- Pilotos continuos – Estas señales de referencia se colocan en ubicaciones de subportadoras fijas, y su ubicación no varía de un símbolo a otro. Hay 45 pilotos continuos en el “modo 2K” y 177 pilotos continuos en el “modo 8K”.

- Pilotos dispersos – Estas señales 201 de referencia (figura 2) se distribuyen uniformemente (cada 12ª subportadora) en el símbolo de OFDM. La ubicación de estos pilotos se desplaza mediante tres subportadoras en cada símbolo de OFDM y como resultado, el patrón piloto se repite cada cuatro símbolos de OFDM en la trama 200, tal como se muestra en la figura 2. Los pilotos dispersos se usan para derivar la estimada de canal suponiendo que el canal es casi estático.

- Pilotos de TPS – Estas señales de referencia de señalización de parámetros de transmisión (TPS) se usan

para portar los parámetros de transmisión. Un conjunto fijo de 17 subportadoras para el “modo 2K” y 68 subportadoras para el “modo 8K” se ha designado como subportadoras piloto de TPS. Todas las subportadoras piloto de TPS en un símbolo de OFDM portan la misma información.

- 5 Los pilotos continuos y pilotos dispersos se transmiten a un nivel de potencia mayor (~2,5 dB) en comparación con el resto de las subportadoras.

Métodos de detección de señal de DVB-T

10 Esquemas de detección basada en energía

- La detección de la presencia de energía de señal en el canal de interés es habitualmente muy rápida y proporciona una buena indicación de ocupación de canal. Sin embargo, este método no proporciona ninguna información acerca de la propia señal, y por tanto, no puede distinguir entre una señal primaria y una señal secundaria. Además, la probabilidad de detección varía significativamente con los umbrales. Como resultado, debe tenerse extremo cuidado mientras se determina el valor umbral que va a usarse, especialmente mientras se detectan señales con relaciones de señal a ruido (SNR) bajas.

20 Esquemas de detección basada en características

- Los esquemas de detección basada en características se basan en las características únicas de las señales establecidas (tales como señales de entrenamiento, patrones piloto, etc.) para la detección. Tal como se mencionó anteriormente, la señal de DVB-T tiene algunas características únicas en cuanto a prefijo cíclico, pilotos continuos y dispersos, etc., que pueden usarse en el proceso de detección.

25 Autocorrelación de dominio de tiempo

- En la autocorrelación de dominio de tiempo, se usa la característica de CP de la señal de DVB-T para determinar la presencia o ausencia de la señal en el canal. La señal recibida se correlaciona con una versión retardada de la señal tal como se muestra en la siguiente ecuación:

$$R_{xx}(n) = \sum_{m=n}^{n+N_{GI}-1} x(m)x^*(m+N_{FFT}) \quad (1)$$

- donde $x(m)$ es la señal recibida muestreada en el dominio de tiempo y $R_{xx}(n)$ es la autocorrelación de $x(m)$. N_{FFT} , N_{GI} y $N_{SÍM}$ representan las longitudes de símbolo de FFT, CP y OFDM respectivamente.

- Puesto que una parte del símbolo de OFDM útil se repite en CP, una correlación como la anterior proporcionará un pico que se repite periódicamente. Puede usarse la amplitud de pico con una combinación opcional con periodicidad de pico para detectar la presencia de señales de DVB-T en el canal de interés.

- 40 Supongamos que $\bar{R}_{xx}$ representa el valor pico de $|R_{xx}(n)|^2$ definido como

$$\bar{R}_{xx} = \max_n (|R_{xx}(n)|^2) \quad (2)$$

- Entonces $\bar{R}_{xx}$ se compara con un umbral predefinido, T_{xx}^{CP} , para determinar la presencia de la señal

- 45
$$\begin{array}{ll} \bar{R}_{xx} > T_{xx}^{CP} & \text{señal presente} \\ \text{de otro modo} & \text{señal ausente} \end{array} \quad (3)$$

- 50 El umbral se determina basándose en la probabilidad de falsa alarma deseada.

- El detector basado en autocorrelación funciona muy bien para valores de SNR altos. Sin embargo, para valores de SNR moderados y bajos (es decir, inferiores a 0 dB) el rendimiento puede no ser muy fiable. Además, el rendimiento depende significativamente de la longitud de CP. Como resultado, el detector funciona bien para el modo 8K con $\frac{1}{4}$ GI y muy mal para el modo 2K con $\frac{1}{32}$ GI. Sin embargo, el detector es robusto frente a desplazamientos de frecuencia. La figura 3 muestra las representaciones gráficas 301, 302 de autocorrelación para el modo 2K, $\frac{1}{32}$ con SNR de 5 dB y -5 dB. Puede observarse que para SNR = -5 dB, los picos de correlación no pueden distinguirse claramente y como resultado el rendimiento del detector se degrada (véase la representación gráfica 302).

Correlación cruzada de dominio de tiempo

En el método de correlación cruzada de dominio de tiempo, se usan los pilotos continuos y dispersos en la señal de DVB-T para detectar la señal. Tal como se describió en la sección anterior, un subconjunto de las portadoras se designa subportadoras piloto. Estas portadoras portan información conocida y estas portadoras se transmiten a una potencia mayor (aproximadamente 2,5 dB) en comparación con las portadoras de datos. La señal recibida puede correlacionarse con una secuencia de referencia que se deriva tomando una transformada inversa de Fourier de un vector compuesto por sólo las subportadoras piloto. Puesto que el patrón de SP se repite cada cuatro símbolos, a continuación se muestra la formación de cuatro señales de referencia $s_d^P(n)$ de este tipo

$$s_d^P(n) = \sum_{k \in \mathcal{Y}_{P,d}} C_{k,d} e^{j2\pi kn / N_{FFT}}, \quad (4)$$

donde $s_d^P(n)$ representa la secuencia de dominio de tiempo, d representa el número de patrón piloto y toma los valores 1 a 4. $\mathcal{Y}_{P,d}$ representa el conjunto de ubicaciones de subportadoras piloto para un número de patrón piloto d . El conjunto de subportadoras piloto podría ser sólo las que corresponden a ubicaciones de pilotos dispersos o un conjunto combinado de ubicaciones de pilotos dispersos y continuos. Por ejemplo, para el caso de SP, $\mathcal{Y}_{P,1} = \{0, 12, 24, \dots\}$. $C_{k,d}$ representa el símbolo para la subportadora k y el número de patrón d .

También puede generarse otra secuencia de referencia combinando las cuatro secuencias de referencia anteriores tal como se muestra a continuación:

$$s_{comb}^P(n) = s_1^P(n) + s_2^P(n - N_{FFT}) + s_3^P(n - 2N_{FFT}) + s_4^P(n - 3N_{FFT}), \quad (5)$$

donde $n = 0$ a $(4N_{FFT} - 1)$.

La salida de correlación se proporciona mediante la siguiente ecuación:

$$R_{xp,d}(n) = \sum_{m=0}^{N_{FFT}-1} x^*(n+m) s_d^P(m) \quad (6)$$

En condiciones ideales, la salida del correlador $R_{xp,d}(n)$ tendría una magnitud pico que se repite cada $4T_{sim}$ muestras.

Puede derivarse una ecuación similar para la salida de correlación para el caso en el que $s_{comb}^P(n)$ se usa como secuencia de referencia tal como se muestra a continuación

$$R_{xp,comb}(n) = \sum_{d=1}^4 \sum_{m=0}^{N_{FFT}-1} x^*(n + (d-1) * N_{sim} + m) s_d^P(m) \quad (7)$$

En el resto de esta sección, se considerará $R_{xp,1}(n)$ para derivar una métrica de detección. El análisis puede extenderse a todas las salidas de correlación derivadas previamente.

Supongamos que $\bar{R}_{xp,1}$ representa el valor pico de $|R_{xp,1}(n)|^2$ definido como

$$\bar{R}_{xp,1} = \max_n |R_{xp,1}(n)|^2 \quad (8)$$

Entonces $\bar{R}_{xp,1}$ se compara con un umbral predefinido, T_{xp}^P , para determinar la presencia de la señal.

$$\begin{array}{ll} \bar{R}_{xp,1} > T_{xp}^P & \text{señal presente} \\ \text{de otro modo} & \text{señal ausente} \end{array} \quad (9)$$

El detector basado en correlación cruzada funciona muy bien en entornos de canal diferentes incluso para valores de SNR bajos. Además, el rendimiento del detector es independiente del modo de transmisión y, por tanto, funciona igualmente bien para el modo 2K, así como el modo 8K.

5 La figura 4 muestra la salida 401, 402 de correlador para el modo de transmisión 2K, 1/32 para SNR de -5 dB y -10 dB. Se usó $s_1^p(n)$ como secuencia de referencia. Puede observarse por las representaciones gráficas 401 y 402 que el rendimiento del detector basado en correlación cruzada se compara mejor con el del detector basado en autocorrelación.

10 Método para detectar señales de DVB-T

A continuación se presentan realizaciones de ejemplo que describen algoritmos avanzados para mejorar el rendimiento del detector.

15 Puesto que las implementaciones de DVB-T son estáticas, se supone que el ancho de banda de canal y la información de modo de transmisión (tamaño de FFT y duración de GI) están disponibles para el detector. En casos en los que la información de modo de transmisión no está disponible, el detector puede pasar por los diferentes modos de transmisión para detectar señales de DVB-T. Esto daría como resultado un tiempo de detección aumentado, aunque el rendimiento de detección permanece sustancialmente igual.

20 Detección mejorada mediante suavizado de datos (reduciendo la varianza de ruido)

Haciendo referencia a la ecuación (6), puede observarse que la salida de correlación contiene un término de ruido (contribuciones de WGN y subportadoras de datos). En una realización de ejemplo de la invención, la varianza del término de ruido puede reducirse promediando los símbolos recibidos. Sin embargo, el detector no conoce los límites del símbolo. Suponiendo que se conocen el modo de transmisión y la duración de GI, entonces puede derivarse el periodo de repetición de patrón piloto mínimo (PPRP) usando la siguiente ecuación $N_{PPRP} = N_{GI} * N_{SIM}$. Alternativamente, el PPRP mínimo puede derivarse usando la ecuación $N_{PPRP} = 4 * B * N_{SIM}$, donde B es un número entero. Usando este hecho, se promedian las muestras recibidas, tal como se muestra a continuación

$$30 \quad x_L(n) = \frac{1}{L} \sum_{l=0}^{L-1} x(n - l * N_{PPRP}) \quad n = 0, 1, \dots, N_{PPRP} - 1, \quad (10)$$

donde L es un parámetro de diseño y depende del tiempo de detección y el rendimiento deseado.

35 Las muestras promediadas $x_L(n)$ se correlacionan con secuencias de referencia tal como sigue:

$$R_{xp,d}^L(n) = \sum_{m=0}^{N_{FFT}-1} x_L^*(n+m) s_d^p(m) \quad n = 0, 1, \dots, N_{PPRP} \quad (11)$$

40 Puede usarse cualquier intervalo, igual a $4 * N_{SIM}$ muestras dentro de $[0, N_{PPRP}-1]$ para determinar la magnitud pico máxima. Las magnitudes pico adicionales también pueden derivarse y verificarse si se usa la consistencia de la ubicación pico para mejorar la robustez del detector.

Supongamos que $\bar{R}_{xp,1}^L$ representa el valor pico de $|R_{xp,1}^L(n)|^2$ definido como

$$45 \quad \bar{R}_{xp,1}^L = \max_n (|R_{xp,1}^L(n)|^2) \quad (12)$$

Entonces $\bar{R}_{xp,1}^L$ se compara con un umbral predefinido, $T_{xp}^{P,L}$, para determinar la presencia de la señal.

$$50 \quad \begin{aligned} \bar{R}_{xp,1}^L &> T_{xp}^{P,L} && \text{señal presente} \\ &\text{de otro modo} && \text{señal ausente} \end{aligned} \quad (13)$$

La figura 5 muestra un diagrama de bloques simplificado de un detector 500 de DVB-T que usa suavizado de datos. El frontal 501 de RF desplaza de manera descendente la señal de RF a una frecuencia intermedia (IF). Entonces, la señal de IF se desplaza de manera descendente a DC (alternativamente, la señal de IF puede desplazarse de

manera descendente a DC en el dominio digital, es decir después de ADC). Entonces la señal se digitaliza por un convertidor 502 de analógico a digital (ADC). Entonces la señal muestreada se procesa según los métodos descritos anteriormente, usando los módulos memoria 503 intermedia, acumulación/promediado 505 y correlador 506. Los módulos memoria 503 intermedia, acumulación/promediado 505 y correlador 506 operan basándose en un modo de transmisión particular, y el detector puede operar en diferentes modos de transmisión. Una disposición 600 alternativa, tal como se muestra en la figura 6, es que el correlador 506 está colocado antes de la memoria 503 intermedia, de modo que la correlación se realiza antes del almacenamiento en memoria intermedia, acumulación y promediado. La señal "ID de sec" determina la secuencia de referencia, que se genera a partir de pilotos y se almacena en la memoria 504, que va a usarse para la correlación. Esta señal también se usa por el módulo 507 "detección de umbral" para determinar los umbrales que van a usarse. La salida del correlador se compara con el umbral seleccionado para determinar la presencia/ausencia de una señal de DVB-T.

La figura 7 muestra el efecto de suavizado de datos sobre la salida de correlación. Las salidas de correlación sin suavizado 701 de datos y con suavizado 702 de datos demuestran que los picos son claramente visibles cuando los datos se suavizan tal como se describió anteriormente y, por tanto, el detector puede detectar las señales de DVB-T incluso para SNR inferiores a -15 dB.

El rendimiento del algoritmo propuesto se evaluó a través de simulaciones en canal de múltiples trayectorias y AWGN. Se usaron los siguientes parámetros de simulación:

- Modo de transmisión - 2K, 1/32
- Número de ejecuciones para cada SNR - 1000,
- Factor de suavizado L - 8 (tiempo de detección de ~60 ms)
- Probabilidad de falsa alarma (P_{FA}) - < 0,01
- Canales: con desvanecimiento de Rayleigh o AWGN

La figura 8 muestra las curvas de probabilidad de detección (P_d) frente a SNR para el detector propuesto en el canal 801 de AWGN y el canal 802 de Rayleigh. La figura 9 muestra las curvas de P_d frente a SNR para el detector de realización de ejemplo (AWGN con promediado 901, Rayleigh con promediado 902) descrito en el presente documento y el detector convencional (AWGN sin promediado 903, Rayleigh sin promediado 904). Puede observarse que el detector propuesto puede detectar robustamente señales de DVB-T incluso por debajo de -15 dB para diferentes condiciones de canal.

Además de la magnitud pico, también puede usarse la consistencia en la periodicidad del pico para mejorar la robustez del detector. Según una realización de ejemplo de la invención, en el método basado en correlación cruzada que usa $s_d^P(n)$ como secuencia de referencia, el pico de correlación se repetiría cada $4*N_{SIM}$ muestras en presencia de una señal de DVB-T. Por tanto, la diferencia en la posición del pico máximo $\bar{R}_{xp,d}(l)$ en cada bloque de $4*N_{SIM}$ muestras se calcula tal como se muestra a continuación

$$D(l) = abs(\bar{R}_{xp,d}(l) - \bar{R}_{xp,d}(l-1)) \quad l \geq 2 \quad (14)$$

Entonces si el valor de $D(l) < D_{umbral}$ está presente una señal de DVB-T. El valor de D_{umbral} podría establecerse a un valor fijo tal como 10 (símbolos) o puede establecerse por el dispositivo basándose en el entorno operativo del dispositivo de CR.

Detección de periodo inactivo (QP)

En una realización de ejemplo, con el fin de mantener los requisitos de calidad de servicio (QoS) de una aplicación, una radio cognitiva no podrá interrumpir su transmisión durante un periodo de tiempo continuado. En cambio, un dispositivo de CR planificará periodos inactivos (QP) cortos más frecuentemente. En esta realización de ejemplo, se modifica la ecuación de suavizado de datos tal como se muestra a continuación.

$$x_L(n) = \frac{1}{L} \sum_{l=0}^{L-1} x(n - l * N_{PPRP}) \quad n = 0, 1, \dots, N_{QP} - 1 \quad (15)$$

donde N_{QP} corresponde al número de muestras que pueden albergarse en el periodo inactivo dado. N_{QP} podría tomar los valores $4*N_{SIM}$, $8*N_{SIM}$, $12*N_{SIM}$... o N_{PPRP} , dependiendo de la duración de QP. Se supone que los contadores de muestras están activos cuando no hay QP. En algunas situaciones, no puede capturarse un conjunto continuo de muestras igual a N_{QP} y correspondiente al intervalo deseado en un QP dado. En esos casos, las

muestras pueden descartarse y el proceso continuará con el siguiente QP.

En otra realización de ejemplo de la invención, puede reducirse la complejidad de implementación asociada con la correlación cruzada modificando la ecuación tal como se muestra a continuación

$$R_{xp,d}^L(n) = \sum_{m=0}^{N_{FFT}-1} \text{sgn}(x_L^*(n+m)) \text{sgn}(s_d^p(m)) \quad n = 0, 1, \dots, N_{pprp} \quad (16)$$

La operación de producto en la suma puede implementarse como una operación lógica sencilla y, por tanto, reduce significativamente el número de puertas en comparación con un multiplicador. La figura 10 muestra el rendimiento de un detector de DVB-T/DVB-H usando correlación cruzada tal como se define en la ecuación (16).

La figura 11 muestra el proceso para detectar la presencia de una DVB según una realización de ejemplo. El proceso incluye: recibir una señal de RF (radiofrecuencia) en un canal 1101 seleccionado; crear muestras de señal a partir de la señal 1102 recibida; crear muestras promediadas a partir de las muestras de señal, siendo cada muestra promediada un promedio de un número predeterminado de muestras de señal que se separan por un periodo de repetición de patrón piloto mínimo de una a la siguiente muestra 1103 de señal; correlacionar las muestras promediadas con una secuencia 1104 de referencia; y comparar un resultado de correlación con un valor 1105 de correlación umbral. Basándose en los resultados de la comparación, puede determinarse la presencia de una DVB.

Las técnicas descritas en esta descripción pueden usarse en radios cognitivas y otros sistemas que se basan en técnicas de detección y evitación para la detección de señales de DVB-T/H u otras señales de OFDM que incluyen patrones piloto definidos.

La descripción detallada anterior ha expuesto algunas de muchas formas que puede adoptar la invención. Se pretende que la descripción detallada anterior se entienda como ilustración de las formas seleccionadas que puede adoptar la invención y no como limitación a la definición de la invención. Sólo las reivindicaciones, incluyendo todos los equivalentes, pretenden definir el alcance de esta invención.

Lo más preferiblemente, los principios de la invención se implementan como cualquier combinación de hardware, *firmware* y software. Además, el software se implementa preferiblemente como programa de aplicación realizado de manera tangible en una unidad de almacenamiento de programa o un medio de almacenamiento legible por ordenador que consiste en partes, o en determinados dispositivos y/o una combinación de dispositivos. El programa de aplicación puede cargarse en, y ejecutarse por, una máquina que comprende cualquier arquitectura adecuada. Preferiblemente, la máquina se implementa en una plataforma informática que tiene hardware tal como una o más unidades de procesamiento central ("CPU"), una memoria e interfaces de entrada/salida. La plataforma informática también puede incluir un sistema operativo y un código de microinstrucción. Los diversos procesos y funciones descritos en el presente documento pueden formar parte de o bien el código de microinstrucción o bien el programa de aplicación, o cualquier combinación de los mismos, que pueden ejecutarse por una CPU, ya se muestre o no tal ordenador o procesador de manera explícita. Además, diversas unidades periféricas adicionales pueden conectarse a la plataforma informática tal como una unidad de almacenamiento de datos adicional y una unidad de impresión.

REIVINDICACIONES

1. Método para detectar la presencia de una transmisión de difusión de vídeo digital, DVB-T, detectando la presencia de pilotos dispersos, o tanto pilotos dispersos como pilotos continuos, asociados con la transmisión de DVB-T usando una correlación cruzada de dominio de tiempo, que comprende:
5 recibir una señal de radiofrecuencia, RF, en un canal (1101) seleccionado;
10 crear muestras de señal a partir de la señal (1102) recibida; estando dicho método caracterizado por
15 crear muestras promediadas a partir de las muestras de señal, siendo cada una de las muestras promediadas un promedio de un número predeterminado de muestras de señal que se separan por un periodo de repetición de patrón piloto mínimo de una a la siguiente muestra (1103) de señal asociada con la transmisión de DVB-T que va a detectarse;
20 correlacionar las muestras promediadas con una secuencia (1104) de referencia, siendo la secuencia de referencia una secuencia de dominio de tiempo basada en los pilotos que van a detectarse; y
25 comparar el resultado de dicha etapa de correlación con un valor (1105) de correlación umbral.
2. Método según la reivindicación 1, que comprende además:
30 calcular una variación en la periodicidad de picos de correlación en el resultado de dicha etapa de correlación; y
25 comparar la variación con un valor de variación umbral.
3. Método según la reivindicación 1, en el que el periodo de repetición de patrón piloto mínimo depende de un modo de transmisión y una duración de intervalo de seguridad de la señal de DVB-T.
4. Método según la reivindicación 3, que comprende además determinar el modo de transmisión pasando por diferentes modos de transmisión hasta que se detecta la señal de DVB-T.
5. Método según la reivindicación 1, en el que el número de muestras promediadas depende de cuántas muestras pueden albergarse durante un periodo inactivo.
6. Método según la reivindicación 1, en el que la secuencia de referencia se genera a partir de pilotos asociados con la transmisión de DVB-T que va a detectarse y almacenarse en memoria.
7. Sistema para detectar la presencia de una transmisión de difusión de vídeo digital, DVB-T, detectando la presencia de pilotos dispersos, o tanto pilotos dispersos como pilotos continuos, asociados con la transmisión de DVB-T usando una correlación cruzada de dominio de tiempo, que comprende:
40 un módulo (501) frontal de radiofrecuencia, RF, para recibir una señal de RF;
45 un módulo (502) de muestreo para crear muestras de señal a partir de la señal de RF recibida;
50 una memoria (503) intermedia para guardar las muestras de señal; estando dicho sistema caracterizado por
55 un módulo (505) de acumulación/promediado para crear muestras promediadas a partir de las muestras de señal, siendo cada una de las muestras promediadas un promedio de un número predeterminado de muestras de señal que se separan por un periodo de repetición de patrón piloto mínimo de una a la siguiente muestra de señal asociada con la transmisión de DVB-T que va a detectarse;
60 un módulo (504) de memoria para almacenar una secuencia de referencia, siendo la secuencia de referencia una secuencia de dominio de tiempo basada en los pilotos que van a detectarse;
un correlador (506) para correlacionar las muestras promediadas con la secuencia de referencia; y
65 un módulo (507) de detección de umbral para comparar la salida del correlador con un valor de correlación umbral.
8. Sistema según la reivindicación 7, en el que el correlador (506) está configurado además para calcular una variación en la periodicidad de picos de correlación en el resultado de la correlación, en el que el módulo (507) de detección de umbral está configurado además para comparar la variación con un valor de variación umbral.

9. Sistema según la reivindicación 7, en el que el periodo de repetición de patrón piloto mínimo depende de un modo de transmisión y una duración de intervalo de seguridad de la señal de DVB-T.
- 5 10. Sistema según la reivindicación 9, que comprende además medios para determinar el modo de transmisión pasando por diferentes modos de transmisión hasta que se detecta la señal de DVB-T.
11. Sistema según la reivindicación 7, en el que el número de muestras promediadas depende de cuántas muestras pueden albergarse durante un periodo inactivo.

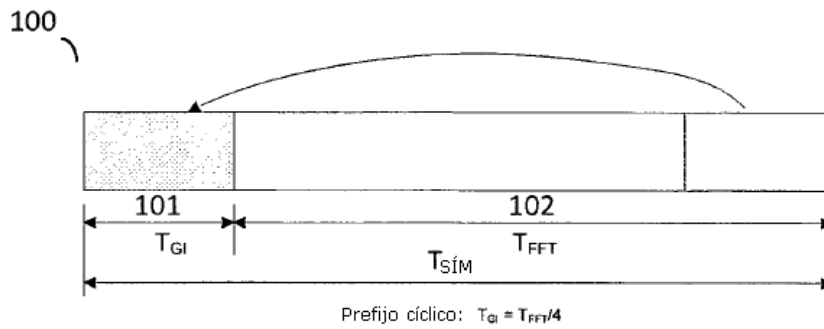


FIG. 1

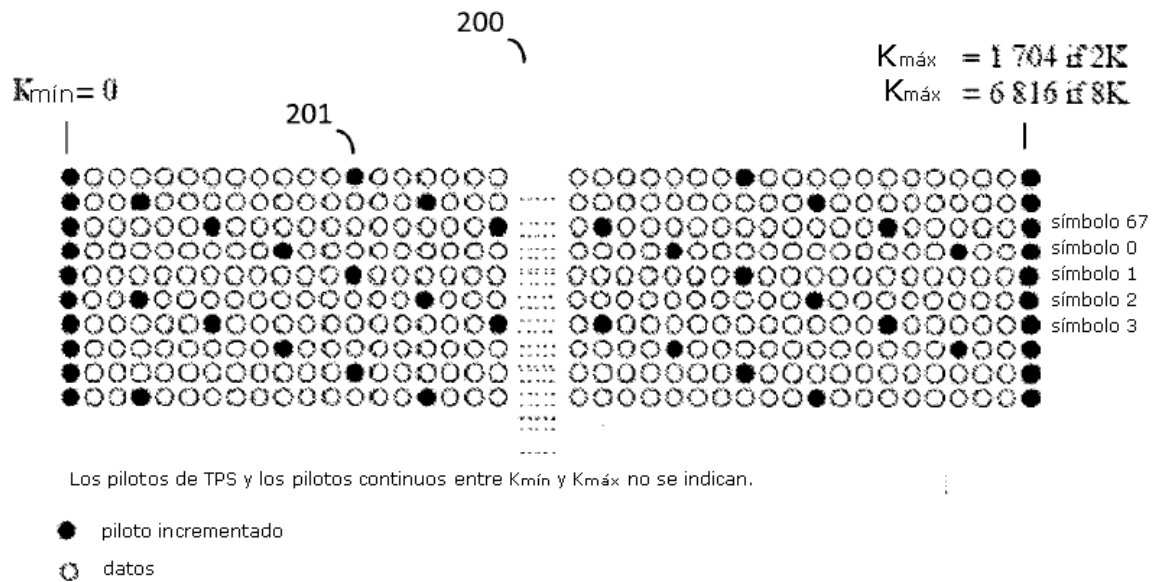


FIG. 2

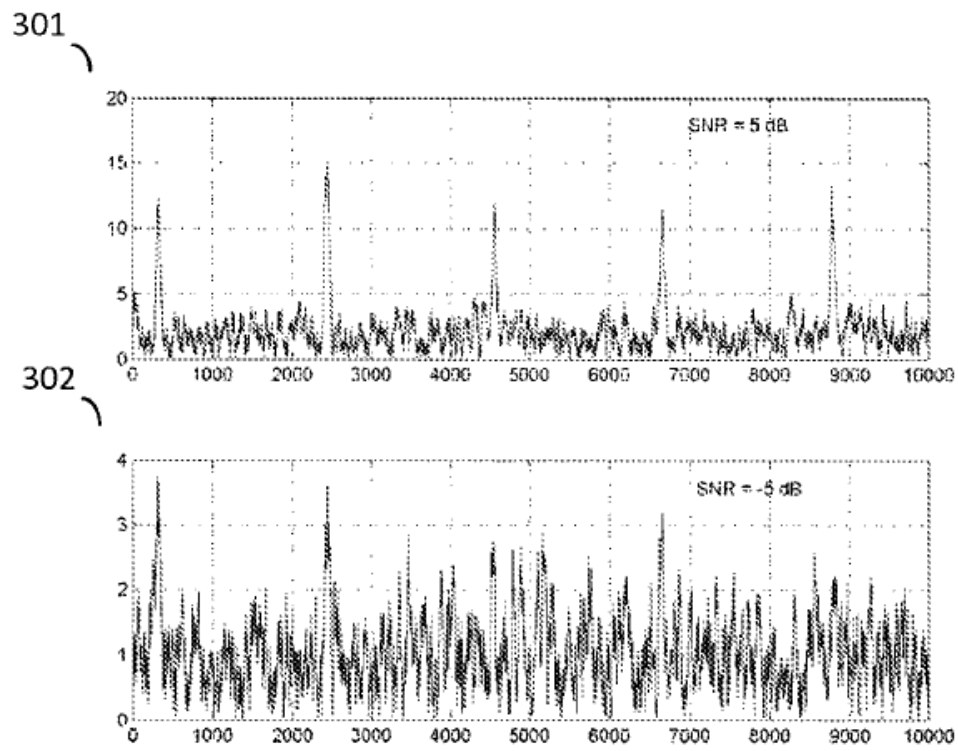


FIG. 3

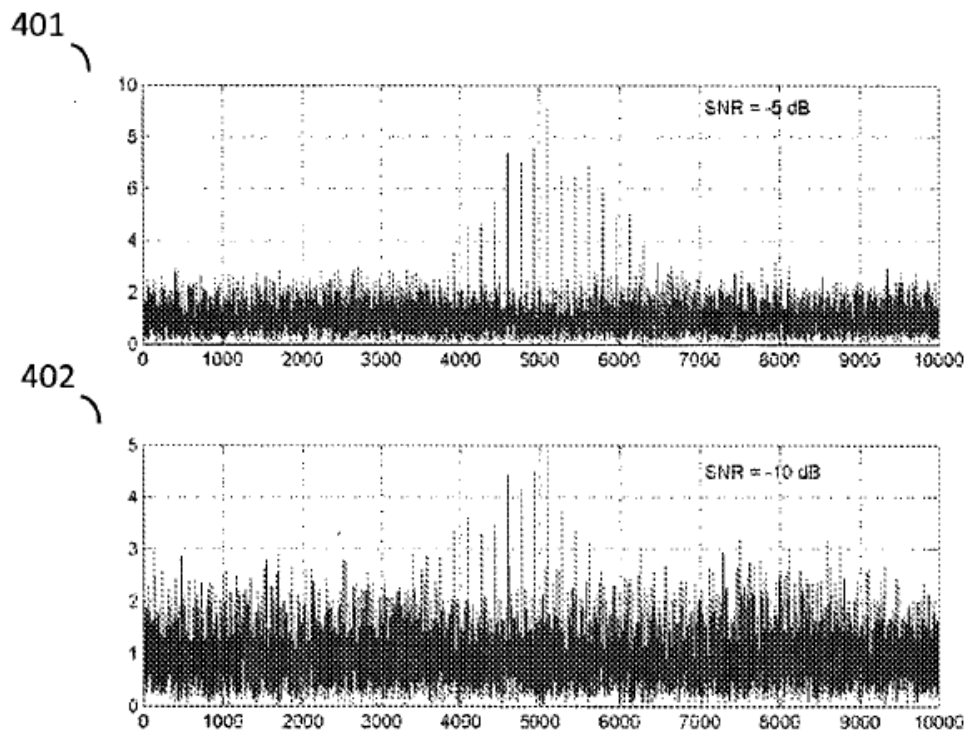


FIG. 4

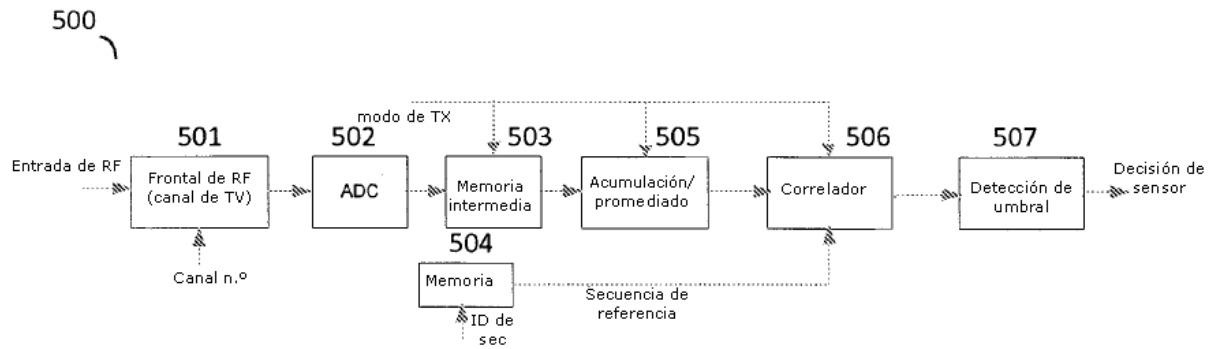


FIG. 5

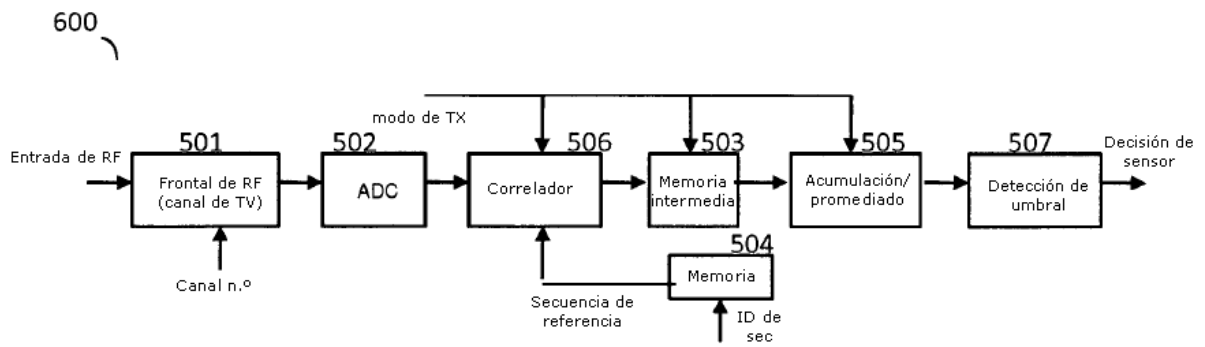


FIG. 6

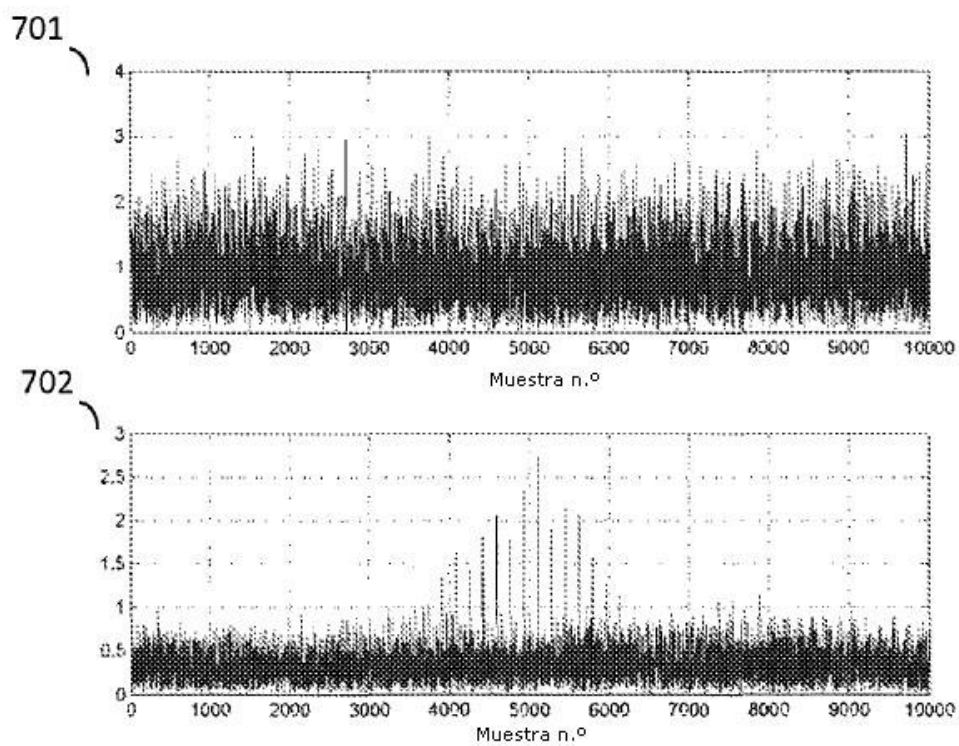


FIG. 7

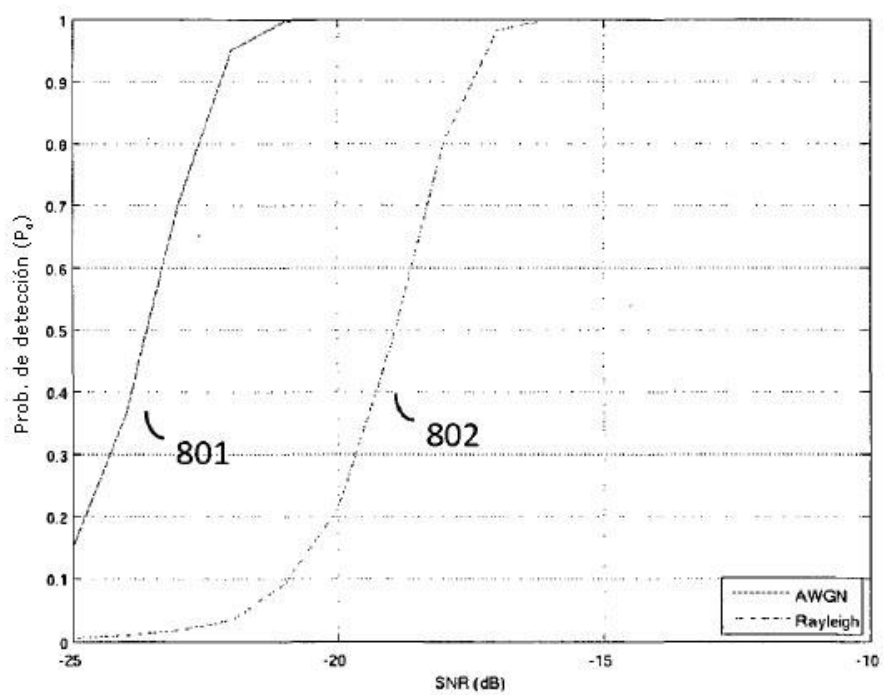


FIG. 8

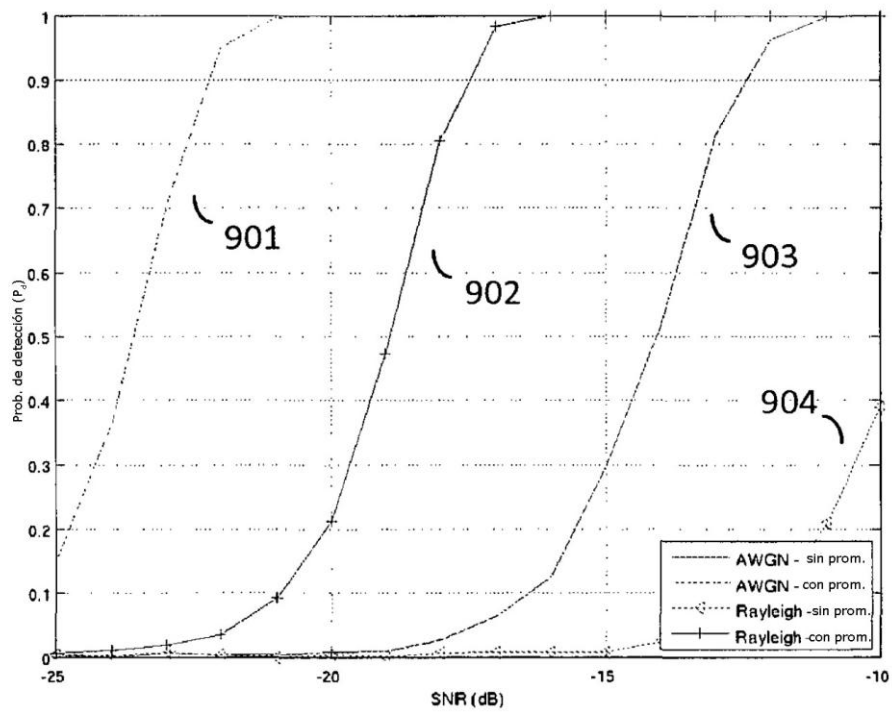


FIG. 9

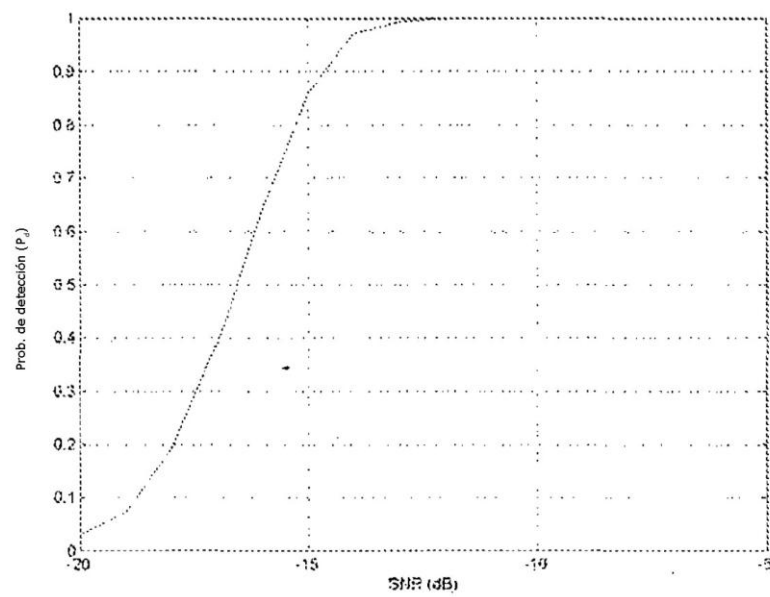


FIG. 10

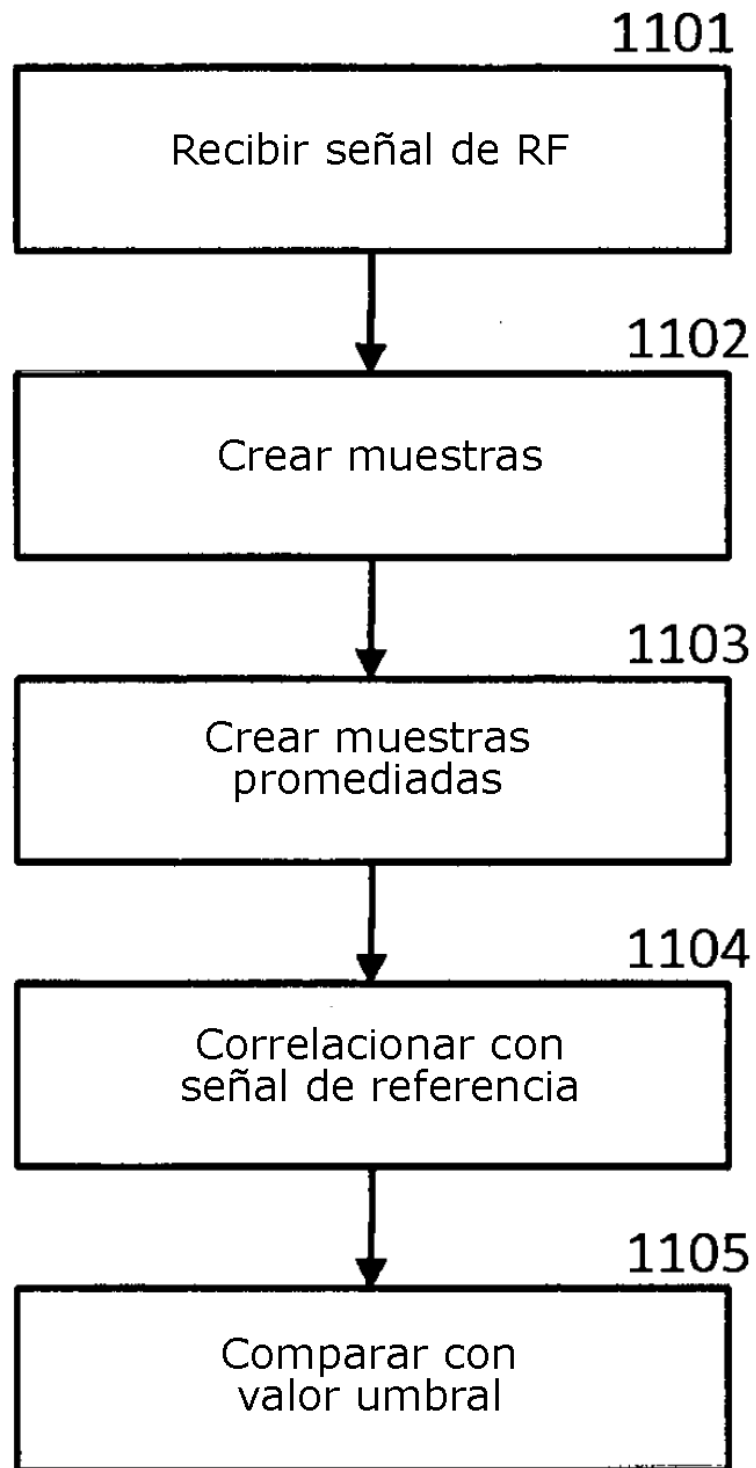


FIG. 11