(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 380 459**

(21) Número de solicitud: 201031286

(51) Int. CI.:

H04W 16/22 (2009.01)

(12) PATENTE DE INVENCIÓN B1

(22) Fecha de presentación:

26.08.2010

(43) Fecha de publicación de la solicitud:

11.05.2012

Fecha de la concesión:

14.03.2013

(45) Fecha de publicación de la concesión:

27.03.2013

(73) Titular/es:

FUNDACION CENTRO TECNOLOXICO DE TELECOMUNICACIONS DE GALICIA **(Titular al 50%)**
ETSI TELECOMUNICACION
LAGOAS MARCOSENDO, S/N
36310 VIGO (PONTEVEDRA), ES y
UNIVERSIDAD DE VIGO **(Tilular al 50%)**

(72) Inventor/es:

FONDO FERREIRO, David;
PEREZ GONZALEZ, Fernando;
SANTALLA DEL RIO, Veronica;
MOSQUERA NARTALLO, Carlos;
LEYRA FONTAIÑA, Luisa y
GARCIA COUTO, Elena

(74) Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

(54) Título: **SISTEMA PARA PREDICCION DE COBERTURA CON COSIMULADOR HARDWARE**

(57) Resumen:

Sistema de análisis y estimación de cobertura radioeléctrica con cosimulador hardware que contiene una base de datos, un software de estimación de cobertura y un cosimulador hardware para el cálculo de parámetros de calidad de servicio. El cosimulador hardware comprende a su vez un generador de señal (31), un mezclador de bajada de frecuencia (32), un conversor analógico/digital (33), un procesador digital (34), un conversor digital/analógico (35), un filtro paso bajo (36), un mezclador de subida de frecuencia (37) y un analizador de señal (38).

La invención permite determinar mediante un cosimulador hardware la calidad esperada de un servicio de telecomunicación en una región geográfica o la ausencia de señales interferentes en dicha región y en una banda de frecuencias concreta que posibilite el uso de dicha banda por nuevos servicios.

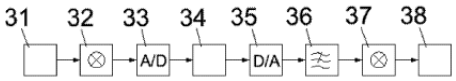


Fig. 3

ES 2 380 459 B1

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 37.3.8 LP.

DESCRIPCIÓN

SISTEMA PARA PREDICCIÓN DE COBERTURA CON COSIMULADOR HARDWARE

SECTOR DE LA TÉCNICA

Esta invención se sitúa en el ámbito de la predicción de coberturas de la difusión de señales radioeléctricas y de la emulación de canales de propagación en tiempo real mediante hardware.

ESTADO DE LA TÉCNICA

El despliegue de servicios basados en la difusión de ondas radioeléctricas a través de la atmósfera en niveles próximos a la superficie terrestre hace necesaria una planificación que tenga en cuenta las características orográficas de las regiones a servir. Una de las degradaciones más importantes y características de la propagación terrestre es el desvanecimiento por multitrayecto, que depende de la posición relativa entre transmisor y receptor, así como de la presencia y localización de accidentes geográficos u otros elementos donde se pueda producir sombra, reflexión o difracción de la señal.

A la hora de desplegar una red de radiodifusión se hace necesario estimar el grado de cobertura del servicio que se espera alcanzar en una región geográfica en función de parámetros como número y localización de antenas emisoras, diagrama de radiación de las antenas, potencia transmitida y parámetros de modulación. Idealmente, se podrían realizar medidas de campo en todas las localizaciones de interés, pero esto resultaría demasiado lento y costoso. Por ello se recurre a sistemas de predicción de cobertura que analicen las características del terreno y estimen qué nivel de campo radioeléctrico se recibirá en las zonas de interés.

Por otro lado, es útil conocer no sólo la caracterización radioeléctrica del enlace bajo análisis, sino también la de los posibles enlaces interferentes que pueden hacer que se degrade la recepción. Este análisis del entorno radio puede ser utilizado de una manera muy provechosa por los sistemas cognitivos, capaces de adaptar sus parámetros de transmisión y recepción en función de las características del medio radioeléctrico para emitir de la manera

más eficiente posible. Uno de los requisitos fundamentales para el funcionamiento de los sistemas cognitivos es que han de ser capaces de detectar si el espectro está siendo desaprovechado y utilizarlo sin provocar interferencias que puedan entorpecer otros enlaces. Para ello se recurre a bases de datos en las que se almacenan las contribuciones de todos los transmisores implicados en la región de cobertura, actualizando su influencia y estimando los niveles de potencia presentes en cada banda de frecuencia. De esta manera, las bases de datos podrán ser consultadas por los dispositivos cognitivos que pretendan hacer uso de algún claro espectral.

Un ejemplo de lo anterior se expone en la patente estadounidense US20090180359, donde se autoriza el uso de aquellos canales que puedan estar libres bajo ciertas restricciones impuestas por los organismos reguladores. A partir de la disposición de los diferentes emisores, junto con sus parámetros técnicos, el sistema permitirá identificar las áreas de seguridad en las que se pueden emplear los diferentes canales libres para nuevos servicios, evitando interferencias sobre los servicios preexistentes.

Hoy en día, las soluciones existentes en el mercado para el análisis y predicción de coberturas dan mayor peso a programas software multi-estándar, con diferentes métodos de cálculo implementados, que a una herramienta completa que además de predecir el campo recibido e interferente en una zona indique parámetros de calidad de servicio, necesarios para una caracterización más completa.

Una posible solución es el uso de un simulador que obtenga las características de propagación entre emisor y receptor para cada punto de interés, basado en modelos matemáticos que caracterizan la propagación de las ondas electromagnéticas tras reflejarse o difractarse sobre los accidentes geográficos extraídos de un mapa digitalizado y a partir de ellas calcule el nivel de calidad de servicio en cada uno de los puntos. Una vez modelado el canal, para determinar el nivel de calidad de la señal recibida, es necesario modular y hacer pasar por dicho canal una señal de referencia, demodularla y calcular los parámetros de calidad de interés como la relación de modulación a error (MER), la tasa de error de bit (BER) antes de los bloques de corrección de errores o la tasa de error de paquetes (PER). Aunque todos estos pasos

pueden realizarse mediante simulación software, resulta un proceso muy costoso computacionalmente que requiere mucho tiempo.

Una solución alternativa a la simulación software de la propagación de una señal sobre un canal es el uso de un emulador hardware. Un emulador hardware de canal es un dispositivo diseñado para modelar en tiempo real las condiciones de propagación entre un emisor y un receptor, a partir de unos parámetros que definen las características del canal. Este aparato puede emplearse con emisores y receptores físicos y supone un grado de aproximación mayor a una situación real. Su uso es habitual en el diseño y validación de terminales de telefonía móvil y también pueden encontrarse equipos de laboratorio para televisión digital terrestre con esta funcionalidad.

Para emular un canal radio pueden emplearse elementos analógicos, como en la patente española ES2283194 que utiliza elementos electro-ópticos, o en la patente australiana AU2004100834 donde se hace uso de componentes electro-acústicos. Sin embargo lo más habitual es emular el canal de forma digital utilizando un conversor analógico-digital, memoria de retardo, filtros FIR y un conversor digital-analógico, como en la solicitud de patente internacional WO9320626. Sin embargo, en dicho documento se observan ciertas desventajas. Precisa un conversor en cuadratura para bajar la señal de entrada desde una frecuencia intermedia hacia dos señales banda base, requiere procesar en paralelo ambas señales banda base y además necesita un conversor en cuadratura para subir la señal de salida desde dos señales banda base hacia una señal en frecuencia intermedia. Así, el diseño allí propuesto resulta más complejo de implementar que el propuesto en la presente invención, donde todo el procesado se realiza directamente en frecuencia intermedia. En general, los conversores en cuadratura introducen ciertas distorsiones por jitter de fase, así como desequilibrado entre las componentes en fase y en cuadratura, especialmente si se realizan con componentes analógicos, como en el caso de WO9320626. Estas distorsiones son nocivas en un emulador de canal, ya que degradan la respuesta equivalente del canal y no sería posible emular situaciones próximas a casos ideales. Esta situación mejora sensiblemente con la presente invención al prescindir de los conversores en cuadratura. Para ello es necesario utilizar técnicas de

procesado de señal capaces de alterar la amplitud, retardo y desfase de las señales directamente en frecuencia intermedia, como las descritas en la presente invención. Adicionalmente en la presente invención sólo se requiere un conversor analógico/digital y un conversor digital/analógico, lo que puede constituir un ahorro económico importante respecto al esquema propuesto en WO9320626, donde son necesarios dos conversores de cada tipo.

Dadas las limitaciones de velocidad de cálculo de las herramientas actuales para la estimación de cobertura radioeléctrica, basadas en simuladores software, sería deseable disponer de un cosimulador basado en un emulador hardware de canal, para así obtener las medidas de los parámetros de calidad a una velocidad mucho mayor. Por otra parte, sería ventajoso que dicho emulador hardware fuera capaz de superar las limitaciones y los problemas identificados en sistemas similares. Sería además conveniente que pudiera implementar funciones relacionadas no sólo con el problema de la cobertura sino con la identificación de frecuencias dentro de claros espectrales, ya que ambos problemas están relacionados.

En relación con estos objetivos, mencionar por último la ventajosa integración en los cálculos del planteamiento realizado por J. M. Lago, F. Pérez-González en “Analytical Bound on the Error Performance of the DVB-T System in Time-invariant Channels.” Proceedings IEEE International Conference on Communications ICC 2000, New Orleans, LA, USA, Junio 2000.

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCIÓN

El objeto de la presente invención es un sistema para el análisis y predicción de niveles de cobertura. Es también objeto de la presente invención un sistema que alternativamente obtiene la localización de claros espectrales para un área geográfica determinada. El sistema está basado, por una parte, en un software de cálculo del modelo de canal que evalúe la región comprendida entre las posiciones de los emisores y receptores y por otra parte en un cosimulador hardware que determine de forma iterativa la calidad de servicio en cada punto. Aunque ambas funciones aprovechan las mismas

variables de entrada, aplican diferentes operaciones y presentan salidas diferentes.

Por un lado, el cálculo de predicción de coberturas tiene como objetivo analizar una región de terreno determinada y, tras una serie de cálculos, predecir qué nivel de campo eléctrico se alcanza en éste. Tras comparar el valor calculado con un nivel de campo mínimo establecido, se decidirá si dicha región alcanzará un nivel suficiente para certificar que dispone de cobertura para un servicio, como por ejemplo el de televisión digital terrestre (DVB-T).

El cálculo de localización de claros espectrales, por otro lado, se basa en la monitorización del espectro electromagnético. Se buscarán qué regiones geográficas y del espectro están libres para que puedan ser utilizadas por un transmisor que demande dicho ancho de banda. Además, tras ciertos cálculos basados fundamentalmente en el análisis de interferencias, se notificará al futuro transmisor qué potencia máxima podrá transmitir en la banda de frecuencias asignada.

El sistema de análisis y predicción de niveles de cobertura comprende un elemento de ejecución del software de cálculo del modelo de canal, una conexión a una base de datos y un cosimulador caracterizado porque utiliza emulación hardware en lugar de simulación software para el cálculo de los indicadores de calidad de recepción. Esto presenta la ventaja de que la velocidad de cómputo es mucho mayor que en una implementación puramente software.

Otra característica del sistema de predicción de niveles de cobertura es que utiliza señal real y un medidor físico. Esto presenta la ventaja de que los resultados son más próximos a los esperados en una situación real que los obtenidos con una implementación que utilice únicamente elementos simulados. Un simulador software sólo tiene en cuenta aquellos efectos que han sido caracterizados mediante un modelo teórico conocido y que han sido incorporados a dicho simulador. Sin embargo, muchos efectos presentes en sistemas físicos reales, como las variaciones térmicas o la inestabilidad de los osciladores, resultan a menudo demasiado complejos como para ser modelados correctamente y tenidos en cuenta en los simuladores basados en software. En un cosimulador basado en sistemas físicos estos efectos están

presentes por su propia naturaleza y su efecto se incorpora de forma inmediata a los resultados obtenidos.

DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

Figura 1 Esquema del estimador de coberturas.

1 Software de estimación.

2 Base de datos.

3 Cosimulador hardware.

Figura 2 Diagrama de flujo de la herramienta software.

11 Selección de parámetros de simulación.

12 Selección modo de operación.

13 Cálculos predicción de coberturas.

14 Cálculos localización claros espectrales.

15 Procesado final de los datos y presentación de los resultados.

Figura 3 Cosimulador hardware.

31 Generador de señal.

32 Mezclador de bajada de radio frecuencia a frecuencia intermedia.

33 Conversor analógico/digital.

34 Dispositivo de procesado digital de señal.

35 Conversor digital/analógico.

36 Filtro.

37 Mezclador de subida de frecuencia intermedia a radio frecuencia.

38 Medidor de señal.

Figura 4 Ejemplo de estimador de coberturas.

4 Ordenador personal.

5 Generador de señal DVB-T.

6 Placa de desarrollo con FPGA y conversores.

7 Medidor de señal DVB-T.

Figura 5 Ejemplo de placa de desarrollo con FPGA y conversores.

61 Conexión de entrada de señal.

62 Conversor analógico/digital de 14 bits y 100 MHz.

63 FPGA.

64 Conversor digital/analógico de 14 bits y 100 MHz.

65 Filtro paso bajo de 50 MHz.

66 Conexión de salida de señal.

67 Conexión USB de actualización de parámetros.

Figura 6 Ejemplo de emulación de un canal.

631 Rama de emulación de un rayo.

632 Sumador de contribuciones de cada rayo.

633 Generador de ruido aleatorio.

Figura 7 Ejemplo de emulación de un rayo.

6311 Línea de retardo configurable.

6312 Transformador de Hilbert.

6313 Línea de retardo fijo.

6314 Ganancia rama Hilbert.

6315 Ganancia rama directa.

6316 Restador.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE UN MODO DE REALIZACIÓN

A continuación se describe una realización preferente de la invención sin limitación alguna en cuanto a la aplicación ni al método de implementación de la misma y como ejemplo, con objeto de ilustrar las propiedades y ventajas de la presente invención. Este ejemplo consiste en una particularización de la invención como un sistema de análisis y predicción de cobertura para televisión digital terrestre (DVB-T).

La invención puede trabajar en dos modos diferentes de funcionamiento: predicción de coberturas o localización de zonas libres del espectro. En el primer caso intenta determinar si en un punto se recibe una señal deseada con la suficiente potencia y calidad. En el segundo caso intenta determinar si en

una región geográfica se encuentra libre de transmisiones en ciertas frecuencias, lo que permitiría el uso de esas frecuencias para nuevos usos.

La figura 1 muestra un diagrama de bloques que detalla el proceso de predicción de coberturas. El componente software (1) consulta una base de datos (2) que contiene un mapa cartográfico digitalizado con información sobre la elevación y uso del terreno de un área geográfica. Igualmente el software consulta otros parámetros como la localización, altura, potencia de transmisión, banda de frecuencia, parámetros de modulación, diagrama de radiación de las antenas, etc. asociados a los emisores del área geográfica (11). Para cada punto de recepción y banda de frecuencia, el software calcula el modelo de propagación del canal basándose en los métodos de trazado de rayos a partir del estudio y análisis de la interacción (ecos) de la señal transmitida con el perfil del terreno entre cada transmisor y un determinado punto receptor. Para cada punto de recepción el software devuelve una matriz con la amplitud, retardo y fase de cada uno de los rayos que caracterizan el canal, constituyendo los parámetros del modelo de canal en dicho punto.

Antes de transferir el modelo de canal al cosimulador hardware, se analiza por software el mejor y peor caso para cada uno de los modos de funcionamiento, de manera que los valores que se transfieren al cosimulador están acotados. Si en el mejor caso el resultado es siempre desfavorable o en el peor caso el resultado es siempre favorable, se podrá optar por no realizar más comprobaciones y utilizar directamente estos resultados, ahorrado tiempo de cálculo.

Para el cálculo de coberturas (13), el mejor caso se definirá como aquel en el que todos los rayos reflejados del modelo de canal suponen una contribución constructiva respecto al rayo principal, sumándose con la misma fase a éste. El peor caso será aquel en el que todos los rayos reflejados suponen una contribución destructiva respecto al rayo principal, sumándose con fase opuesta a éste.

Para la localización de zonas libres del espectro (14), el mejor caso de se definirá como aquel en el que no existe ningún transmisor activo en la región de influencia de la zona de estudio. El peor caso vendrá determinado por la suma en fase de las contribuciones de todos los transmisores interferentes que

pueden afectar dentro de la zona de estudio. Para ello, se consulta la base de datos creada con los transmisores operativos en la región y se analiza la interferencia de todos ellos a sus correspondientes frecuencias.

Una vez determinados los parámetros del modelo de canal a probar, se envían al cosimulador hardware (3), codificados como valores binarios y transferidos mediante un protocolo de transmisión serie sobre un cable de datos. El cosimulador obtiene las medidas de calidad de interés, que dependen del estándar de comunicaciones bajo estudio, las cuales son devueltas al software de estimación. Dado que existen muchos factores difícilmente modelables que afectan a la fase de cada rayo (esto es, copias de la señal original), puede ser necesario realizar pruebas variando aleatoriamente dichas fases según el método de Monte Carlo para determinar estadísticamente el intervalo de confianza donde se encontrarán con más probabilidad las medidas. De este modo se caracteriza el umbral mínimo para el que se cumplen las especificaciones impuestas.

El cosimulador hardware mostrado en la figura 2 está formado por un generador de señal (31), un mezclador de bajada de frecuencia opcional (32), un conversor analógico/digital (33), un elemento de procesado digital de señal (34), un conversor digital/analógico (35), un filtro (36), un mezclador de subida de frecuencia opcional (37) y un medidor de señal (38). El generador (31) produce una señal modulada de acuerdo al estándar de comunicaciones que se desea estudiar (telefonía, radio, televisión, datos, etc.). Este generador puede tratarse, en general, de una estación base comercial, un equipo de pruebas de laboratorio o un generador de formas de onda arbitrarias con los ficheros de ondas adecuados. Puede ser necesario en algunos casos un mezclador de bajada de señal (32) para trasladar la banda de frecuencia del generador desde frecuencia de radio a una frecuencia intermedia baja o banda base, que permita su posterior digitalización directa. El conversor analógico/digital (33) digitaliza la señal procedente del generador o mezclador. El elemento de procesado digital (34) manipula la señal de acuerdo al modelo de canal calculado por el software. El modelo de canal en el elemento de procesado digital puede estar realizado, en general, como un filtro de respuesta finita (FIR), de respuesta infinita (IIR), o cualquier otro tipo conocido en el

estado de la técnica. El conversor digital/analógico (35) transforma la señal digital procedente del elemento de procesado en una señal analógica. El filtro de reconstrucción (36) elimina las réplicas en frecuencia generadas por el conversor (35), dejando únicamente la señal en banda base o frecuencia intermedia. Puede ser necesario un mezclador de subida de frecuencia opcional (37), para trasladar la señal de salida del filtro de reconstrucción a una frecuencia más elevada, en caso de que el medidor (38) no tuviese entrada en banda base o frecuencia intermedia. El medidor de señal (38) se encarga de obtener los parámetros de calidad de la señal recibida, de acuerdo al estándar de comunicaciones en estudio. Algunos posibles ejemplos de medidas serían: relación de señal a ruido (SNR), relación de modulación a error (MER), tasa de error de bit en diversos puntos (BER), tasa de error de paquete de datos (PER), etc. Este medidor puede tratarse, en general, de un receptor comercial, un equipo de medidas específico para el estándar en estudio o un analizador de señal de propósito general con la capacidad para realizar las medidas de interés. Las medidas obtenidas se envían al software (1) para su posterior procesado mediante el método de Monte Carlo calculando los valores con los cuales se supera el umbral definido de las medidas de calidad y sus intervalos de confianza. Finalmente los valores se registran en la base de datos (2), asociados a su localización geográfica y la banda de frecuencia de estudio. Además, los resultados obtenidos tanto para cálculo de coberturas como para localización de zonas libres, según el modo de operación (12), se procesan para ser presentados al usuario (15).

La figura 4 muestra un ejemplo de realización que consta de un ordenador personal (4), donde se encuentran el software de estimación (1) y la base de datos (2), mientras que un generador de señal de televisión digital terrestre (5), una placa de desarrollo FPGA (6) y un medidor de señal de televisión digital terrestre (7) implementan la funcionalidad del cosimulador hardware.

El software de estimación lee un mapa digitalizado de la región bajo estudio de una base de datos que proporciona las alturas del terreno a intervalos regulares entre las coordenadas consideradas. El sistema de

coordenadas utilizado para ello, así como para la localización de los distintos emplazamientos de transmisores y receptores es UTM (Universal Transverse Mercator).

El primer paso es la elección de los parámetros de la simulación: esto comprende la ubicación del mapa que se carga en la base de datos, la ubicación de los transmisores/receptores, los diagramas de radiación de las antenas, la potencia emitida, el número de repetidores (si los hubiera), etc. Una vez determinados los parámetros de entrada, se procede a ejecutar la parte software, para así obtener los parámetros que definen todas las contribuciones que alcanzan el receptor y que conformarán el canal válido para la simulación. A continuación, y antes de calcular el campo recibido en la zona de estudio, se discretiza el canal. El modelo de canal estimado se compone de una serie de ecos, que se caracterizan por un retardo, amplitud y desfase que pueden tomar cualquier valor dentro de un rango continuo. Para aplicar este modelo al cosimulador digital es necesario limitar el número de ecos a la capacidad máxima del cosimulador, seleccionando las contribuciones más relevantes. Igualmente los retardos, amplitudes y desfases se discretizan con cierto nivel de granularidad, pasando a tomar los valores enteros más próximos que son representables digitalmente por el cosimulador de canal. Estos valores se envían a los registros de configuración internos del cosimulador mediante un protocolo serie, haciendo variar el retardo, amplitud y desfase de cada rama con los valores correspondientes a cada eco. Adicionalmente, para poder emular diferentes situaciones de relación señal a ruido, se añade la contribución de un generador digital de ruido blanco gaussiano de ganancia variable, realizado con un generador de números pseudo aleatorios.

Para conocer cuál será la cobertura de una zona previamente acotada o qué región del espectro está libre, previo al paso por el cosimulador, se hallan el peor y mejor caso para acotar los resultados y el comportamiento del canal se aleatoriza variando las fases obtenidas basándose en el principio del método de Monte Carlo. Además, ya que en este ejemplo se aborda un escenario según el estándar DVB-T, podrá determinarse una cota superior sobre el valor de la tasa de error de bit (BER) empleando la “Cota de Lago-Pérez”). Esta cota analítica establece un umbral máximo para la BER para

todas las combinaciones de tasas convolucionales y constelaciones. De esta manera, se puede reducir el número de casos a probar en el cosimulador, con el consiguiente ahorro de tiempo y de operaciones asociado y, asimismo, garantizar que el valor de la BER calculado posteriormente por el cosimulador se encontrará acotado por dicho intervalo. Con ello, se logra una mayor eficiencia.

El cosimulador está formado en este ejemplo por un modulador de DVB-T (el estándar para televisión digital terrestre en Europa) (4) con una salida en una frecuencia de trabajo de 36,15 MHz, denominada frecuencia intermedia. Al tratarse de una frecuencia relativamente baja se elimina en este caso la necesidad de la etapa de bajada de frecuencia (32), simplificando el diseño. La señal de salida del modulador se aplica a la conexión de entrada de la placa de desarrollo (61), que contiene los elementos necesarios para el procesado digital de la señal analógica de entrada. La señal se digitaliza con un conversor analógico/digital de un solo canal (62), por ser una señal en frecuencia intermedia, con una resolución de 14 bits y una frecuencia de muestreo de 100 MHz. La señal digitalizada se procesa en un dispositivo reconfigurable de matriz de puertas lógicas (FPGA) (63). El modelo de canal que se emula en este ejemplo consiste en la suma de seis rayos o copias de la señal original con diferentes retardos, amplitudes y desfases. Dentro de la FPGA, los retardos de cada rayo se realizan mediante una memoria de tipo FIFO (el dato que entra primero, es el primero en salir) (6311) donde las muestras de señal se almacenan por un período de tiempo configurable equivalente al retardo de cada rayo. El desfase equivale a una rotación en el plano complejo de cada muestra, mientras que la amplitud se corresponde con un factor de ganancia. En este ejemplo de realización, el desfase se realiza duplicando la señal de cada rayo en dos subramas denominadas Hilbert y directa. La primera se filtra mediante un transformador de Hilbert (6312) realizado como un filtro de respuesta finita, la segunda se retarda por un valor equivalente al retardo de grupo del transformador Hilbert con otra memoria FIFO (6313), para alinearlas en retardo. Amplitud y desfase se aplican multiplicando las muestras de cada subrama, respectivamente, por los factores denominados “ganancia Hilbert” (ρh_i) (6314) y “ganancia directa” (ρd_i) (6315) calculados según las ecuaciones:

$$\rho_{h_i} = \rho_i \cdot sen(2 \cdot \pi \cdot f_{if} \cdot \tau_i - \theta_i)$$

$$\rho_{d_i} = \rho_i \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot f_{if} \cdot \tau_i - \theta_i)$$

Siendo:

ρ_i: ganancia del rayo i, en unidades naturales

τ_i : retardo del rayo i, en segundos

θ_i : desfase del canal equivalente banda base del rayo i, en radianes

f_{if} : frecuencia intermedia de trabajo en hercios de 36,15 MHz

El resultado de cada rayo se obtiene restando el resultado de la subrama Hilbert a la subrama directa mediante un restador (6316). La contribución total se obtiene sumando las ramas de todos los rayos (631) junto con la salida de un generador de ruido aleatorio digital programable (633) mediante un sumador de entradas múltiples (632). Esta salida digital se aplica a un conversor digital/analógico de 14 bits operando a 100 MHz (64) y tras pasar por un filtro paso bajo de reconstrucción con frecuencia de corte de 50 MHz (65), se obtiene la señal de salida analógica en frecuencia intermedia a través de la conexión de salida de señal de la placa de desarrollo (66). En este ejemplo la interfaz de comunicación entre el ordenador y la FPGA para el paso de los parámetros del modelo de canal es un cable adaptador USB a puerto serie (67).

En este ejemplo de realización el medidor de señal (7) es un instrumento de análisis específico para DVB-T con entrada en frecuencia intermedia, por lo que no es necesaria una etapa mezcladora de subida de frecuencia (37), simplificando el diseño. El medidor calcula por hardware la relación de modulación a error (MER) media, la tasa de error de bit antes del decodificador Viterbi (BER pre-Viterbi), la tasa de error de bit antes del decodificador Reed-Solomon (BER pre-RS) y la tasa de error de paquete (PER), que constituyen los principales indicadores de calidad de la señal DVB-T. La comunicación entre el ordenador y el analizador de señal para la lectura de parámetros de calidad se realiza por un interfaz de red Ethernet.

El software de control (1) lee los parámetros de calidad correspondientes a un punto del mapa, procesa los resultados y los registra en la base de datos (2).

APLICACIÓN INDUSTRIAL

Una posible aplicación industrial no limitativa de la presente invención es la planificación de una red de telecomunicaciones, determinando una combinación adecuada para la ubicación de antenas y niveles de potencia que garantice un nivel de calidad de servicio en una región geográfica.

Otra posible aplicación industrial no limitativa de la presente invención es la creación de una base de datos con todas las bandas de frecuencia no utilizadas en una región geográfica. Dicha base de datos podría ser consultada por usuarios secundarios con capacidad cognitiva para hacer uso de esas frecuencias, resultando en un mayor aprovechamiento del espectro radioeléctrico.

REIVINDICACIONES

1. Sistema de predicción de cobertura radioeléctrica en una zona geográfica caracterizado por que comprende:

- unos medios de procesamiento (4,1) configurados para estimar el modelo de canal definido éste por una pluralidad de señales (rayos) con valores de amplitud (ρ), retardo (τ) y desfase (σ) obtenidos a partir de un primer y un segundo conjunto de información, siendo el primer conjunto información relativa a una distribución concreta de receptores y transmisores en una zona geográfica y de datos de la orografía de dicha zona y siendo el segundo conjunto información relativa a características particulares sobre los receptores y los transmisores;

- un cosimulador hardware (3) acoplado a los medios de procesamiento (4,1) anteriores, configurado para obtener medidas de calidad de cobertura, que comprende:

  - un generador de señal (31) con salida de señal analógica

  - un convertidor analógico/digital (33) configurado para convertir una señal analógica inicial en una señal digital inicial,

  - un elemento de procesado digital (34,63,631) configurado para manipular dicha señal digital inicial y generar una pluralidad de rayos, siendo los rayos señales digitales, cada una de ellas con valores configurables de amplitud (ρ), retardo (τ) y desfase (σ) respecto de la señal digital, según el modelo de canal obtenido por los medios de procesamiento (1),

  - un sumador (632) que suma la contribución de todos los rayos del modelo de canal,

  - un convertidor digital/analógico (35) configurado para convertir la señal digital procesada en una señal analógica resultante,

  - un medidor de señal (38) con entrada analógica y capaz de obtener medidas de calidad relevantes acerca del estándar de comunicaciones bajo estudio.

2.- Sistema de acuerdo con la reivindicación 1, donde el cosimulador (3) comprende además un generador digital de ruido aleatorio (633) para variar la relación de nivel de señal frente a ruido del sistema.

3.- Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el cosimulador (3) comprende además un filtro (36) configurado para eliminar réplicas de la señal.

4.- Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el cosimulador (3) comprende además:
- un mezclador de bajada (32) configurado para bajar la frecuencia de la señal analógica a digitalizar antes de entrar al convertidor analógico/digital (33);
- un mezclador de subida (37) configurado para subir la frecuencia de la señal analógica tras salir del convertidor digital/analógico (35) o del filtro elimina-réplicas (36).

5.- Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el desfase (σ) del cosimulador (3) se realiza utilizando un filtro de Hilbert (6312).

6.- Sistema de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el primer conjunto de información está almacenada en una base de datos (2) acoplada con los medios de procesamiento (4,1).

7.- Sistema de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el primer conjunto de información está basado en un mapa digitalizado en coordenadas UTM (Universal Transverse Mercator).

8.- Sistema de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el segundo conjunto de información comprende al menos:
- diagrama de radiación de las antenas,
- potencia transmitida,

- parámetros de modulación,
- banda de frecuencia,
- parámetros de modulación o una combinación de los anteriores.

9.- Sistema de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que los indicadores de calidad comprenden al menos:
- la relación de modulación a error (MER) media,
- la tasa de error de bit (BER)
- la tasa de error de paquete (PER).

10.- Sistema de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la señal generada por los medios de generación de señal (5) está en frecuencia radio, frecuencia intermedia o en banda base.

11.- Sistema de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que los medios de tratamiento digital (6,7) determinan el comportamiento más probable de un canal variando aleatoriamente las fases de las señales, según el método Monte Carlo.

12.- Sistema de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que los medios de procesamiento (4,1) determinan el peor caso de cobertura mediante la suma de las señales interferentes en contrafase respecto a la señal principal.

13.- Sistema de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que los medios de procesamiento (4,1) determinan el mejor caso de cobertura en escenarios de difusión de televisión digital terrestre mediante la cota Lago-Pérez.

14.- Sistema de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que los medios de procesamiento (4,1) determinan las zonas geográficas y frecuencias del espectro libres de interferencias mediante una variación de los cálculos (14).

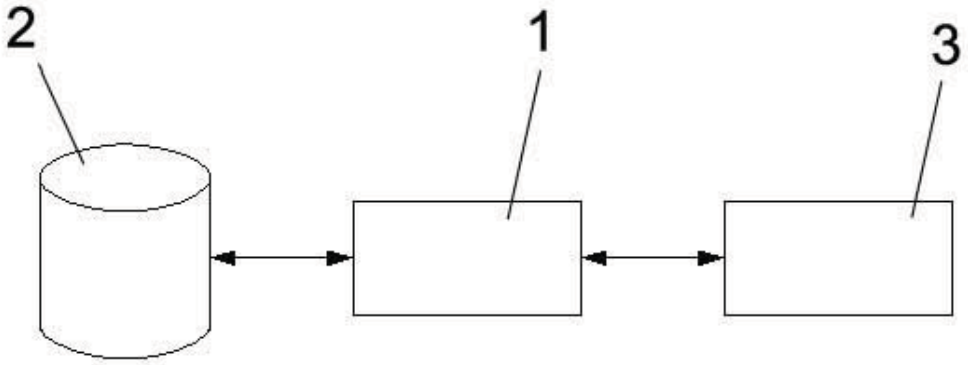


Fig. 1

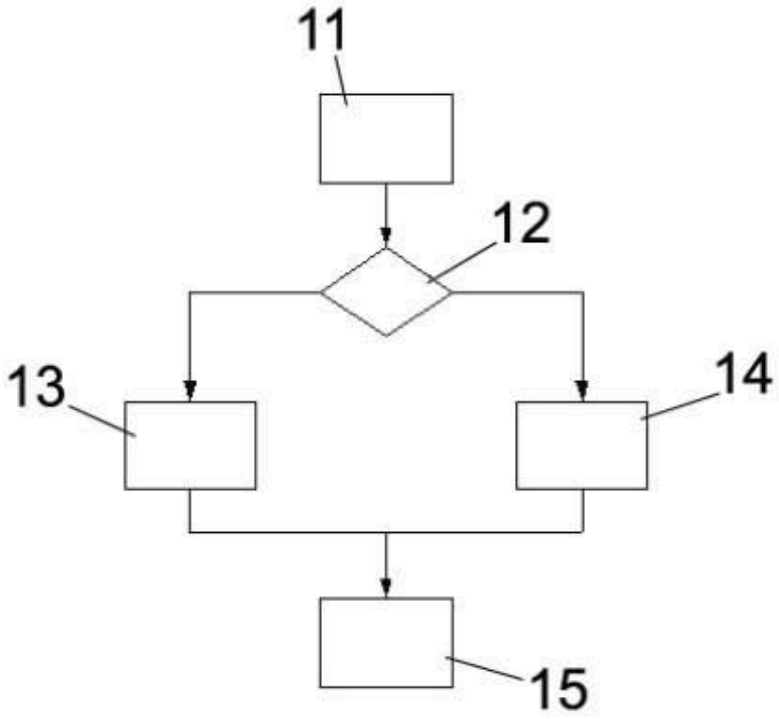


Fig. 2

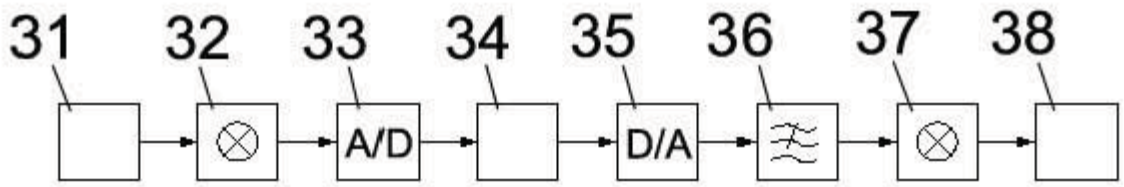


Fig. 3

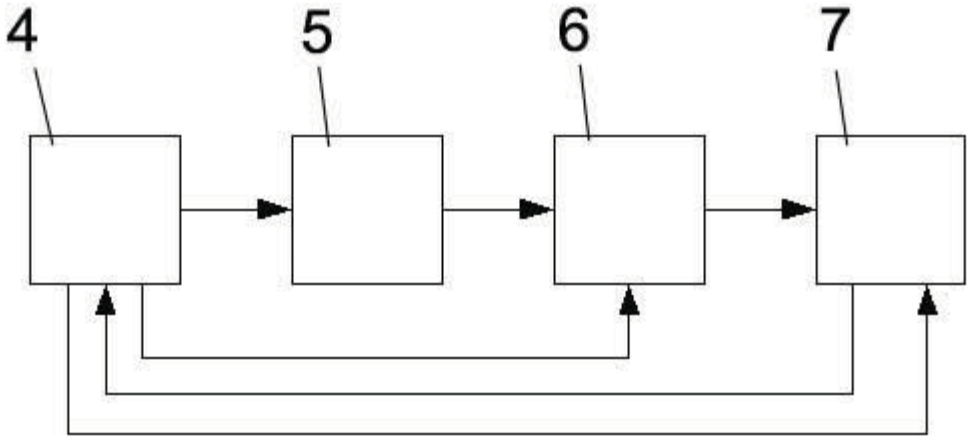


Fig. 4

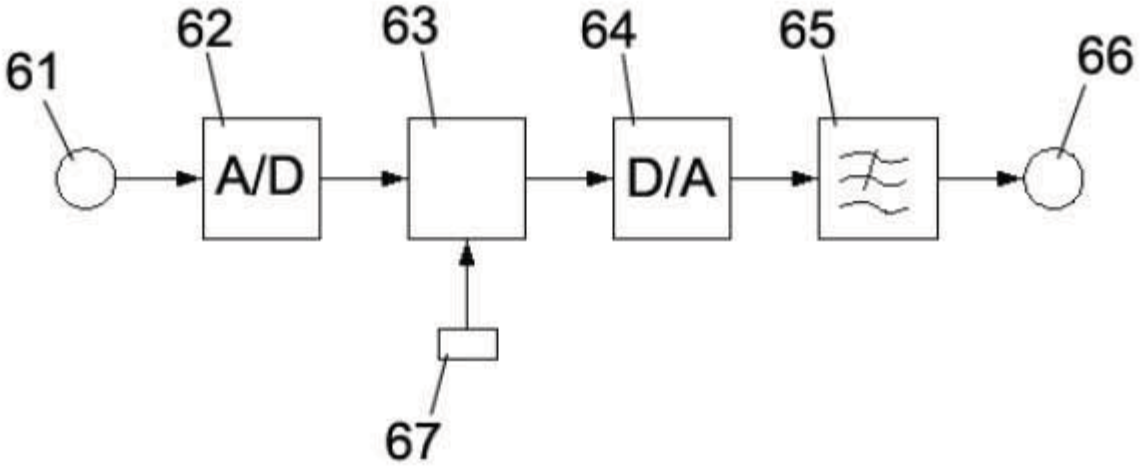


Fig. 5

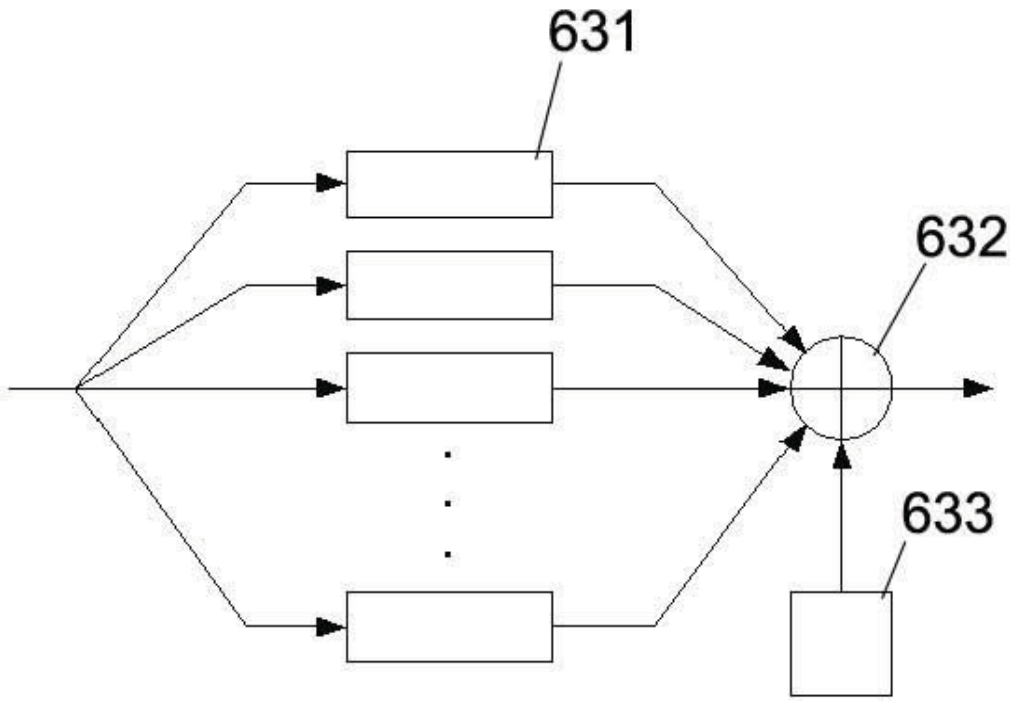


Fig. 6

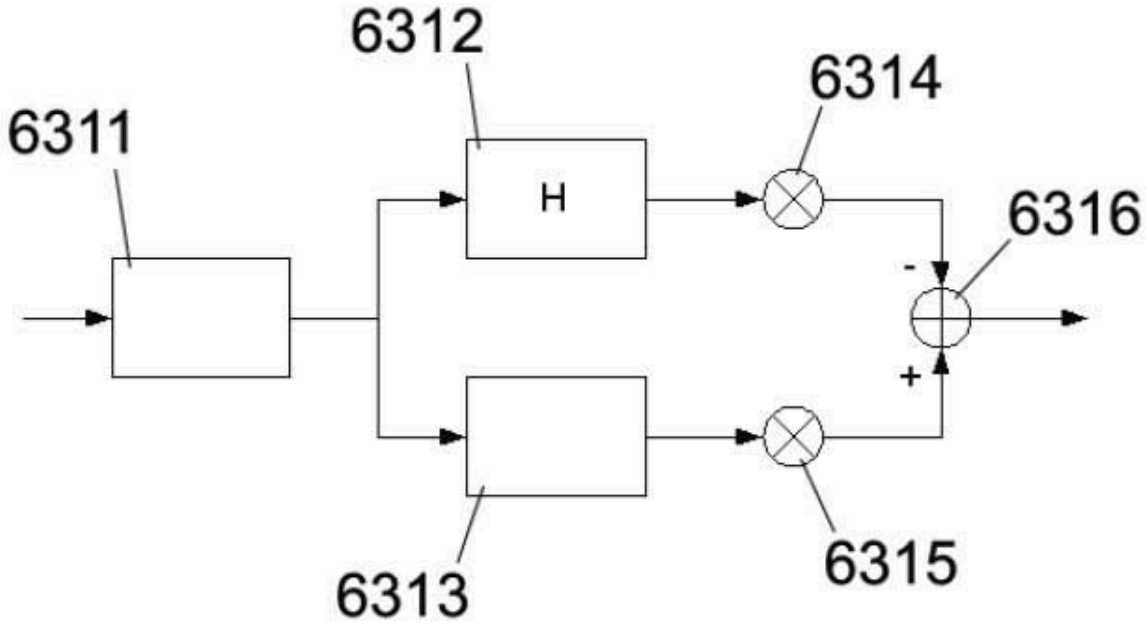


Fig. 7

OFICINA ESPAÑOLA
DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(21) N.º solicitud: 201031286

(22) Fecha de presentación de la solicitud: 26.08.2010

(32) Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

(51) **Int. Cl. :** ***H04W16/22*** (2009.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	(56) Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	US 2004088628 A1 (POUTANEN TORSTI ET AL.) 06/05/2004, figuras 2 - 3. párrafos [20 - 29];	1-13
A	SOFTWRIGHT, "Terrain Analysis Package (TAP) Radio Propagation Software" <URL://http://web.archive.org/web/20100819115845/http://www.softwright.com/tap6.html?>	1-13
A	WO 9320626 A1 (ELEKTROBIT OY ET AL.) 14/10/1993, todo el documento.	1-13

Categoría de los documentos citados
X: de particular relevancia
Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría
A: refleja el estado de la técnica
O: referido a divulgación no escrita
P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud
E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

☒ para todas las reivindicaciones ☐ para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe	Examinador	Página
26.04.2012	B. Pérez García	1/4

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

H04W, H04Q

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 26.04.2012

Declaración

Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones	1-13	**SI**
	Reivindicaciones		**NO**
Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)	Reivindicaciones	1-13	**SI**
	Reivindicaciones		**NO**

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de aplicación industrial. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

Base de la Opinión.-

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como se publica.

1. Documentos considerados.-

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	US 2004088628 A1 (POUTANEN TORSTI et al.)	06.05.2004
D02	SOFTWRIGHT, "Terrain Analysis Package (TAP) Radio Propagation Software"	19.08.2010
D03	WO 9320626 A1 (ELEKTROBIT OY et al.)	14.10.1993

2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración

Se considera D01 el documento del estado de la técnica anterior más próximo al objeto de la invención.

Dicho documento D01 describe un método y dispositivo de simulación de un canal radioeléctrico. El dispositivo comprende varias unidades de simulación de canal, cada uno de las cuales se compone a su vez de una unidad de radio frecuencia y un módulo de banda base.
El módulo de radio frecuencia se conecta a un transmisor y a un receptor de radiofrecuencia. La señal del transmisor se convierte a banda base al multiplicarla por una señal procedente de un oscilador local; la salida de esta unidad se reenvía al módulo de banda base.
Por su parte el módulo de banda base recibe la señal del módulo de RF. Dicha señal se separa en su componente I (en fase) y su componente Q (en cuadratura). Ambas señales se conectan a un multiplexor al que llegan las señales de las unidades de banda base adyacentes. Las señales multiplexadas son aplicadas a retardadores configurables y posteriormente a filtros FIR. Mediante una unidad de control de simulación se configuran los coeficientes de los filtros FIR y los multiplexores. Las salidas de los filtros FIR se suman a las salidas de los FIR próximos y la suma total se envía a la unidad RF.

D01 detalla un sistema HW para crear un simulador de canal radioeléctrico. Aunque existen ciertas similitudes con la solicitud presentada, cabe destacar diferencias significativas entre ambos documentos. En D01:
- No se toma en cuenta la orografía de la zona geográfica que se está analizando.
- No existe un medidor de señal que obtenga las medidas de calidad sobre el estándar que se esté analizando.
- Se emplean filtros FIR que requieren un cálculo computacional más complejo, como bien se detalla en la descripción de la solicitud.

En resumen, D01 no anula la novedad y actividad inventiva de la solicitud según los Arts. 6 y 8 de la Ley Española de Patentes.

D02 presenta un sistema software que evalúa un sistema radioeléctrico, analizando las características del terreno en cuestión, para entre otras cosas, predecir el grado de cobertura. Para ello, existen diversos módulos que a partir de mapas de la zona geográfica de interés, ubicación y características de los emisores y receptores de la red, etc, y aplicando diversos modelos, simulen el canal para predecir la cobertura del modelo estudiado.
Persigue un objetivo similar al de la solicitud, pero realiza toda la simulación por software y no se detallan características del hardware correspondiente. Es otra forma de realización que tampoco afecta a la novedad y actividad inventiva de la solicitud.

En resumen, la solicitud presentada cumple los requisitos de novedad y actividad inventiva establecidos en los Artículos 6 y 8 de la Ley 11/1986.