

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 894 200**

21 Número de solicitud: 202030835

51 Int. Cl.:

G01S 13/88

(2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A1

22 Fecha de presentación:

05.08.2020

43 Fecha de publicación de la solicitud:

11.02.2022

71 Solicitantes:

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI (60.0%)

C. Escorxador, s/n

43003 Tarragona (Tarragona) ES y

**UNIVERSITAT AUTÓNOMA DE BARCELONA
(40.0%)**

72 Inventor/es:

LÁZARO GUILLÉN, Antonio Ramón;

DE PACO SÁNCHEZ, Pedro Antonio;

VILLARINO VILLARINO, Ramón y

GIRBAU SALA, David

74 Agente/Representante:

PONS ARIÑO, Ángel

54 Título: **DISPOSITIVO Y PROCEDIMIENTO PARA COMUNICACIÓN VEHÍCULO-INFRAESTRUCTURA Y VEHÍCULO-VEHÍCULO**

57 Resumen:

Dispositivo y procedimiento para comunicación vehículo-infraestructura y vehículo-vehículo.

Que, a partir de un radar de automóvil basado en FMCW, permiten el intercambio de información entre un vehículo y distintas infraestructuras, o entre vehículos. Estos radares ya se encuentran instalados en los vehículos para los sistemas de asistencia avanzada de conductor. El dispositivo comprende un captador (2) de señal emitida por el radar (1), un modulador (3), que modula la señal captada en el captador (2), y un elemento radiante (4), que transmite al radar (1) la señal modificada en el modulador (3). El procedimiento comprende las etapas de emisión desde el radar (1) de una señal codificada hacia un blanco (6) modulado, modificación de la señal en el blanco (6) modulado y reflexión hacia el radar (1), digitalización, filtrado y almacenamiento de la señal reflejada en el blanco (6) modulado y generación de una lista de blancos (6) detectados.

ES 2 894 200 A1

DESCRIPCIÓN**DISPOSITIVO Y PROCEDIMIENTO PARA COMUNICACIÓN VEHÍCULO-
INFRAESTRUCTURA Y VEHÍCULO-VEHÍCULO**

5

OBJETO DE LA INVENCION

10 Son objeto de la presente invención un dispositivo y un procedimiento que, a partir de un radar de automóvil basado en FMCW (*Frequency Modulated Continuous Wave*, onda continua modulada en frecuencia), permiten el intercambio de información entre un vehículo y señales de tráfico y otras infraestructuras, o entre vehículos. Este tipo de radares ya se encuentran instalados en los vehículos para los sistemas de asistencia avanzada de conductor (ADAS, *Advanced Driver Assistance System*), logrando así evitar tener que instalar sistemas de comunicación adicionales en el vehículo, así como el despliegue de una compleja red de

15 comunicaciones (tipo WLAN, 5G).

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

20 A día de hoy, la implantación de sistemas integrados en vehículos está en pleno auge, bien como sistemas empotrados, o a través de aplicaciones externas disponibles en los smartphones. Esta implantación busca una integración hombre-máquina orientada hacia la comodidad del conductor y los ocupantes, pero también hacia una integración con los sistemas propios del vehículo de forma que se establezca una asistencia a la conducción poco intrusiva, aumentando así la seguridad vial con un objetivo global de reducción de accidentes.

25 Esta integración se ha impulsado principalmente en sistemas de comunicaciones y protocolos orientados a la interacción vehículo-conductor y vehículo-vehículo.

Además, actualmente se están desarrollando una serie de nuevas tecnologías, como V2G, V2V o V2I (comunicación de vehículo a red; a vehículo; y a infraestructura, respectivamente)

30 que permiten la comunicación del vehículo con elementos externos. Los propios coches eléctricos son capaces de comunicarse con la red eléctrica para indicarle sus características y necesidades de carga. Lo hacen mediante protocolos como V2G (*Vehicle to Grid*). Algunas de estas tecnologías son inalámbricas, como V2V o V2I, y otras son guiadas como V2G o en algunas situaciones V2I.

35

La introducción en el entorno automovilístico de las comunicaciones de radiofrecuencia abre un amplio abanico de posibilidades a la industria de la automoción. En la actualidad, muchos vehículos incorporan sistemas conectados a Internet, que ofrecen funciones de seguridad y monitorización del estado técnico y parámetros de funcionamiento. Entre las funciones de seguridad, figuran algunas como la detección de accidentes, conexión con un centro de alarma para la llamada automática a un centro de emergencias, localización en caso de robo, desconexión remota del vehículo si fuera necesario, etc.

Se trata, por tanto, de proporcionar una visibilidad de 360º, que permite a los vehículos transmitir automáticamente mensajes sobre lo que hay alrededor de los mismos para mejora de la seguridad, conocer las posibles intersecciones, condiciones ambientales de ruta, optimizar el tráfico rodado al evitar acelerones y frenazos bruscos, o la reducción del flujo de tráfico.

Todo lo anterior busca, en primer lugar, logra una disminución de accidentes, puesto que esta difusión de información entre vehículos, unido a que los mismos utilizarán ordenadores de a bordo, servirá para procesar las comunicaciones propagadas por el resto de vehículos. De tal manera que se podrá determinar la posibilidad de choque, para advertir al resto de conductores con la anticipación adecuada, con la consiguiente reducción del número de colisiones.

Asimismo, los vehículos al establecer comunicación entre ellos, conocerán, por ejemplo, la existencia de un frenazo brusco, si un coche está estacionado en doble fila en la siguiente calle o incluso, reducir la velocidad de manera instantánea, en el supuesto caso de estimar que la colisión es inevitable.

Dentro de esta nueva visión para conducción autónoma y sin accidentes, los sensores de radar junto con otros sensores como Lidar, cámaras y ultrasonidos se están convirtiendo en una tecnología clave para los sistemas avanzados de asistencia a la conducción (ADAS) actuales y futuros. Los sensores de radar ya se están introduciendo en los vehículos actuales con objeto de evitar situaciones críticas y reducir el número global de accidentes.

El sensor de radar se considera un pilar esencial de la seguridad vial porque proporciona una imagen detallada del entorno con gran independencia de influencias medioambientales. Los rangos de frecuencias de 77/79 GHz con ancho de banda más alto (hasta 4 GHz) ofrecen mayor resolución de distancia, de unos pocos centímetros.

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

La presente invención describe un dispositivo y procedimiento que permiten la comunicación vehículo-infraestructura y vehículo-vehículo a partir de un radar de automóvil basado en FMCW (*Frequency Modulated Continuous Wave*). Los radares FMCW ya se encuentran instalados habitualmente en los vehículos, para los sistemas de asistencia avanzada de conductor (ADAS, *Advanced Driver Assistance System*).

El dispositivo y procedimiento ofrecen la principal ventaja frente a otros sistemas de comunicación propuestos en el estado de la técnica de que evitan tener que instalar sistemas de comunicación adicionales en el vehículo, así como el despliegue de una red de comunicaciones compleja (tipo WLAN, 5G). Además, facilitan la detección y localización de señales de tráfico, vehículos u otros elementos de infraestructura eliminando las interferencias procedentes de objetos no modulados.

Concretamente, el dispositivo objeto de invención, se comunica con un radar de tipo FMCW de un vehículo, y está modulado preferentemente en la banda 24GHz ó 76-77GHz así como 60 GHz, 122 GHz, 77-81GHz, 75-85 GHz o cualquier otra banda que pudiera asignarse a un sistema de control de rango y velocidad. El dispositivo se posiciona en elementos estáticos como señales de tráfico, o elementos dinámicos, como la parte posterior de un vehículo, y comprende tres elementos fundamentales: un captador de señal del radar, un modulador, configurado para modular en frecuencia, amplitud o fase la señal captada en el captador con unas características que permitirán comunicar una información, y un elemento radiante, que puede coincidir con captador, y que transmite al radar FMCW la señal modificada en el modulador.

En un aspecto de la invención, el captador de señal y el elemento radiante pueden ser unas antenas independientes, una única antena de emisión y recepción o unos reflectores de onda electromagnética. El modulador puede comprender un amplificador y un modulador de alimentación que hace la función de dispositivo generador de una señal de activación de la orden de conmutación a través de la alimentación. En esta realización, al ser el modulador un elemento activo, permite aumentar el alcance de la comunicación. La modulación de alimentación se comporta como una modulación en frecuencia de la señal captada en el captador.

En general, existen distintas realizaciones posibles del dispositivo objeto de invención:

- Una antena con carga variable, en la que el dispositivo comprende un captador y elemento radiante común y como modulador un diodo varactor, PIN, o transistor cuya alimentación se modifica con un oscilador a la frecuencia de modulación.

- Un amplificador en reflexión como modulador conectado a una antena común como captador y elemento radiante, modificando la alimentación del amplificador. El amplificador se puede implementar con un transistor, un diodo túnel o una red con híbridos y un circulador cargada con diodos túnel o amplificadores.

- Un array de Van Atta modulado con diodos PIN o con transistores, que comprende un modulador y en el que el captador y el elemento radiante consisten en una agrupación de antenas que refleja la señal en la misma dirección que se ha recibido.

- Una FSS (*Frequency Selective Surface*, superficie de frecuencia selectiva) cargada con diodos, como modulador y una antena común como captador y elemento radiante.

- Un reflector tipo córner diedro o triedro cargado con una red FSS con diodos delante como modulador y una antena común como captador y elemento radiante.

- Un amplificador conectado entre una antena receptora como receptor y una antena transmisora como elemento radiante que amplifica la señal recibida y al mismo tiempo la modula al variar su alimentación o ganancia con un conmutador.

- Un reflector córner o rejilla metálica que gira a una velocidad constante, un captador y un modulador.

Todas las realizaciones anteriores se utilizan en diferentes aplicaciones, como por ejemplo, en etiquetas RFID (*Radio Frequency Identification*, Identificación por Radiofrecuencia). En el caso del dispositivo de la presente invención se utilizan en una banda de frecuencia diferente (24GHz ó 76-81GHz), frente a las frecuencias normalmente utilizadas en aplicaciones RFID (inferiores a 5.8GHz).

La señal modulada y transmitida al radar FMCW por el dispositivo permitirá identificar de forma unívoca el dispositivo transmitiendo la información de forma estática, por ejemplo, identificando a una señal de tráfico o alguna señal de información estática, o podrá transmitir información de forma dinámica para una aplicación de comunicación informativa variable. Situado en la parte trasera del vehículo puede informar de la activación de freno, cambio de carril u otras informaciones.

En consecuencia, se propone utilizar el presente dispositivo en las siguientes aplicaciones novedosas:

- Señales inteligentes: Consiste en la colocación del dispositivo configurado para indicar el tipo de señal en función de la frecuencia de modulación que puede ser detectada por el radar.
- Señales de emergencia: Se trataría de substituir señales de emergencia tipo triángulos, conos o señales luminosas, en las que se posiciona el dispositivo para informar de su presencia al radar. En este caso se pueden utilizar reflectores córner modulados mecánicamente.
- Balizas para indicar presencia de peatones o ciclistas, así como obreros en la vía o para operaciones de corte de carril en la proximidad del radar: Los peatones o ciclistas presentan menor sección recta que otros objetos de mayor tamaño como coches o camiones, por tanto, son más difíciles de detectar y pueden ser enmascarados por otros objetos más reflejantes próximos. Además, su velocidad es baja y en ocasiones es difícil de separar de objetos inmóviles. Se propone colocar el dispositivo para incrementar su sección recta y facilitar su detección gracias a la modulación adicional.
- Comunicación *Car2Car* (vehículo – vehículo): Esta aplicación consistiría en colocar el dispositivo en las partes frontales, laterales y trasera para indicar al radar cambios de dirección, frenado o emergencia. El dispositivo se conectaría a la ECU (ordenador central) de forma que modularía a frecuencias diferentes en función del tipo de mensaje, para que el radar de los vehículos próximos pudiese detectar la maniobra antes que el conductor. Actualmente algunas maniobras pueden ser detectadas una vez iniciadas. Se trataría de hacer visible para el radar el sistema equivalente de luces, pero a frecuencias de radio.
- Balizas de posicionamiento para mejorar la precisión de sistemas de guiado autónomo y sistemas de posicionamiento global: Consistirá en utilizar el dispositivo para marcar posiciones para corrección de sistemas GPS o Galileo (o similares) para corregir o medir la precisión en la determinación de la posición en una calle o vía con dificultades para recibir las señales de los satélites. Esta disponibilidad selectiva del número de satélites reduce la precisión notablemente en calles estrechas o interiores. Se mejoraría con ello los futuros sistemas de guiado autónomo y ayudas a la conducción. La posición del dispositivo se almacenaría en una base de datos, de forma que al detectarse el dispositivo se pudiese comparar la posición real y la proporcionada o estimada por el sistema de posicionamiento y ser utilizada para mejorar la estimación. La ventaja es que se utilizaría el propio radar del sistema ADAS del vehículo sin necesidad de equipos de comunicaciones adicionales o con servicio en zonas de baja densidad de población donde el despliegue de redes avanzadas no está asegurado.

Existen otras aplicaciones donde estas balizas de posicionamiento pueden ser interesantes como para posicionamiento de drones autónomos o robots.

- Elementos para calibración de radar de automoción en producción o talleres de reparación: Se podrían utilizar para sustituir a simuladores de blancos Doppler para calibrar la detección de velocidad y posicionamiento de los radares instalados en los coches, especialmente los laterales y los traseros (aplicaciones *blind spot*, de punto ciego). A diferencia de los simuladores actualmente empleados, estos dispositivos son más simples y potencialmente más económicos.

Por otra parte, es también objeto de la presente invención un procedimiento para la comunicación vehículo-vehículo o infraestructura-vehículo con un radar FMCW y que comprende cuatro etapas principales.

Una primera etapa de emisión desde el radar FMCW de una señal codificada que incide sobre el dispositivo o cualquier otro elemento con capacidad de modular la señal codificada (blanco modulado), como un transpondedor modulado. Esta señal generalmente es una señal tipo chirp.

Una segunda etapa de reflexión de la señal en el blanco modulado, introduciendo una modificación que puede ser detectada por el radar y que le permite distinguir al blanco modulado de objetos estáticos o móviles no modulados, pudiendo ser la modulación en frecuencia, amplitud, fase, o a través de una codificación digital de información.

En un aspecto de la invención, la modificación o modulación se consigue variando la carga de una antena (modificando el coeficiente de reflexión de la antena) con diodos o bien conmutando la ganancia de un amplificador (por ejemplo, variando su alimentación) o con un conmutador a la salida de un amplificador conectado a la antena, siendo la antena el elemento radiante y captador y el amplificador y diodos o conmutador el modulador.

La modulación o modificación de la señal recibida en el blanco modulado se puede hacer de diversas maneras. La más sencilla consiste en modificar la frecuencia de modulación. Utilizando este método, la frecuencia identificaría el blanco modulado, por ejemplo, el tipo de señal o la dirección del intermitente en el caso del coche o la presencia de un peatón o ciclista. Métodos más avanzados pueden incluir la codificación digital de la información enviando señales ASK (modulación por desplazamiento de amplitud, *Amplitude Shift-Keying*) o FSK (modulación por desplazamiento de frecuencia, *Frequency Shift-Keying*).

En el caso ASK, la variación de la amplitud de la señal codificaría los bits. En el caso FSK se utilizarían dos frecuencias moduladoras, en función del valor enviado codificaría un bit u otro. Un aspecto de la invención es utilizando la variación de la amplitud de la RCS (sección recta radar), equivalente a una modulación ASK, con velocidad de modulación en el rango de la
5 onda lenta, produce una señal en banda base equivalente a una modulación en frecuencia después de evaluar la fase entre diferentes chirps del conjunto de chirps.

Una tercera etapa consiste en la digitalización, filtrado y almacenamiento de la señal reflejada. La señal reflejada procedente del blanco modulado y espectralmente es similar al producido por el efecto Doppler debido a la velocidad radial entre el blanco y el radar. Por tanto, se puede
10 interpretar que el blanco modulado introducirá un efecto parecido a un blanco móvil con una velocidad que dependen de la frecuencia moduladora. A diferencia de un blanco móvil, se introducen dos desplazamientos de frecuencia superpuestos al Doppler convencional, cuya diferencia es dos veces la frecuencia moduladora. La presencia de ambas componentes no
15 es posible en un blanco móvil real, y es precisamente el hecho que posibilita la detección del dispositivo. Su detección es compatible con los sistemas radares sin afectar a la función de seguridad.

Las componentes frecuenciales de la señal reflejada por el blanco modulado se pueden
20 detectar mediante un análisis Doppler convencional mediante transformada de Fourier (con ventanas) u otros métodos de estimación espectral (técnicas MUSIC, modelos ARMA, etc).

Existe la posibilidad de detectar las componentes frecuenciales introducidas por el blanco modulado, en un análisis range-doppler o mapa distancia-velocidad. En este aparecerían dos
25 blancos ficticios a dos velocidades cuya diferencia sería proporcional a dos veces la frecuencia moduladora. Notar que un blanco real en movimiento no puede presentar en la misma posición dos velocidades. La detección es compatible con técnicas CFAR (*Constant False Alarm Rate*, tasa constante de falsas alarmas) para estimación dinámica del umbral de detección en función de las celdas contiguas en el mapa, o técnicas MTI (indicador de blancos
30 móviles) para detección de blancos móviles.

Tanto el análisis Doppler o rango-Doppler son técnicas implementadas en los radares FMCW utilizados en automoción. Por tanto, no requiere una modificación substancial del software utilizado en los mismos. El indicador del coche detectaría estos blancos como objetivos e
35 indicaría el tipo en función de la aplicación emitiendo una alarma al conductor.

Finalmente, el procedimiento comprendería una última etapa de generación de una lista de blancos modulados detectados.

DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

5

Para complementar la descripción que se está realizando y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características de la invención, de acuerdo con un ejemplo preferente de realización práctica de la misma, se acompaña como parte integrante de dicha descripción, un juego de dibujos en donde con carácter ilustrativo y no limitativo, se ha representado lo siguiente:

10

Figura 1.- Muestra un diagrama de bloques del radar FMCW iluminando el dispositivo en una realización de la invención.

Figura 2.- Muestra un diagrama de bloques del procedimiento en una realización de la invención.

15

Figura 3.- Muestra la computación de la matriz rango-velocidad de la matriz de la señal reflejada.

Figura 4.- Muestra la matriz rango-velocidad para distintos tipos de blancos: (a) blanco no modulado, (b) blanco modulado sin solape, (c) blanco modulado con velocidad positivo y solape, (d) blanco modulado con velocidad negativa y solape.

20

Figura 5.- Muestra la respuesta Rango-Doppler del dispositivo a 1.5 m sin modulación (superior) y con modulación (inferior) para $f_m=1000$ Hz.

25

Figura 6.- Muestra una vista superior de un escenario típico analizado.

Figura 7.- Muestra las trayectorias de los blancos detectados para 20 capturas del radar con un ciclista que dispone de un transpondedor modulado, estando en las 10 primeras capturas el transpondedor desactivado y en las 10 últimas capturas el transpondedor activado.

30

Figura 8.- Muestra las trayectorias de los blancos detectados para 20 capturas del radar con un peatón que dispone de un transpondedor modulado, estando en las 10 primeras capturas el transpondedor desactivado y en las 10 últimas capturas el transpondedor activado.

35

Figura 9.- Muestra un diagrama del dispositivo para comunicaciones vehículo-vehículo.

Figura 10.- Muestra una posible realización del dispositivo objeto de invención.

REALIZACIÓN PREFERENTE DE LA INVENCION

5 Se describen a continuación, con ayuda de las figuras 1 a 10, el dispositivo y procedimiento para comunicación vehículo-vehículo y vehículo infraestructura con el radar de un vehículo, objetos de la presente invención.

10 En primer lugar, el dispositivo objeto de invención, está destinado asociarse a un radar (1) de tipo FMCW (*Frequency Modulated Continuous Wave*, onda continua modulada en frecuencia) de un vehículo (5), y está modulado preferentemente en la banda 24GHz ó 76-81GHz. El dispositivo se posiciona en elementos estáticos objetivo, o blancos (6) como señales de tráfico, o elementos dinámicos, como la parte posterior de un vehículo (5), y comprende tres elementos fundamentales: un captador (2) de señal del radar (1), un modulador (3), que
15 modula en frecuencia, amplitud o fase la señal captada en el captador (2) con unas características que permitirán comunicar una información, y un elemento radiante (4), que puede coincidir con el captador (2), y que transmite al radar (1) FMCW la señal modificada en el modulador (3).

20 El radar (1) FMCW comprende un transmisor-receptor que emite y recibe unas señales de radar. A rasgos generales, el funcionamiento del dispositivo es tal que el radar (1) interroga una escena con una señal portadora modulada, que es típicamente un tren de señales de tipo chirp con una longitud T. Durante la emisión de la señal portadora se modifica su frecuencia entre una frecuencia mínima (f_{min}) y una frecuencia máxima (f_{max}) siendo el ancho de
25 banda del radar (1) $B = f_{max} - f_{min}$.

El radar (1) detecta una onda reflejada proveniente de un blanco (6) que comprende el dispositivo objeto de invención. La onda reflejada se retrasa por el retardo de tiempo de ida y vuelta entre el radar (1) y el blanco (6) un tiempo $\tau = 2d/c$, siendo c la velocidad de
30 propagación de la onda. La velocidad de los blancos (6) en movimiento puede determinarse midiendo la variación de fase de la onda electromagnética debida al desplazamiento relativo.

En resumen, el dispositivo objeto de invención convierte las señales recibidas desde el radar (1) en información sobre la presencia, identificación, posición y velocidad vehículo o
35 infraestructura blanco (6) en el que se ubica.

Una posible realización del dispositivo se muestra en la figura 10. Como se muestra en la figura, el dispositivo comprende una primera antena que actúa como captador (2), un amplificador que actúa como modulador (3) y una segunda antena que actúa como elemento radiante (4). Cuando el dispositivo es iluminado por el radar (1) la primera antena recibe una onda electromagnética que es amplificada por el amplificador y retransmitida por la segunda antena.

La modulación en el dispositivo se realiza, como se muestra en la figura 10, conmutando una fuente de alimentación (8) conectada al amplificador. Esto se puede llevar a cabo directamente por la forma de onda de control o usando un controlador (9) o un interruptor de potencia (10) para habilitar/deshabilitar la fuente de alimentación (8) del amplificador dada por la forma de onda de control. El resultado es una variación en el campo retrodispersado en función de la modulación de la forma de onda aplicada al amplificador.

Este procedimiento de modulación introduce algunas ventajas como un consumo de potencia continua menor, mejorando la eficiencia energética, coste menor en comparación con la introducción de interruptores de microondas o atenuadores variables y otros dispositivos interruptores y evita la reducción de la ganancia debido a que las pérdidas de estos elementos pueden ser relevantes a frecuencias de onda milimétricas empleadas en los radares.

La forma de onda de modulación más simple es una onda cuadrada digital. La forma de onda de modulación que controla la alimentación del amplificador es generada por un oscilador de baja frecuencia, microprocesador o microcontrolador, FPGA, convertidor digital-analógico o cualquier otro dispositivo digital.

La combinación de la ganancia de las dos antenas y la ganancia del amplificador permite una gran sección recta diferencial, que es proporcional a la diferencia del campo de retrodispersión en los estados de encendido y apagado del amplificador.

El espectro del campo retro dispersado está compuesto por una serie de componentes espectrales alrededor de la frecuencia de interrogación a las frecuencias armónicas de la frecuencia de modulación f_m o frecuencia con que la alimentación (8) es conmutada. Este hecho proporciona a cada dispositivo una característica distintiva frente al radar (1), que se utiliza para su identificación y clasificación para compartir información con el radar (1).

Es asimismo objeto de invención un procedimiento para comunicación vehículo-vehículo y vehículo-infraestructura, que es compatible tanto con el dispositivo descrito anteriormente como con cualquier otro transpondedor modulado propuesto en el estado de la técnica, o en general, cualquier elemento con capacidad de modular la señal proveniente del radar (1) y
5 que denominaremos blanco (6) modulado.

En una realización, el transpondedor comprende unas agrupaciones de antenas Van Atta modulados, superficies selectivas en frecuencia (FSS) cargadas con dispositivos conmutadores como diodos PIN, o dispositivos basados en BST, o dispositivos
10 semiconductores controlados ópticamente. La modulación puede lograrse también modificando mecánicamente la sección recta del radar (1) para los blancos (6), por ejemplo, rotando dispositivos dieléctricos o conductores.

A continuación se explicarán las distintas etapas del procedimiento más detalladamente, pero en resumen, el procedimiento comprende unas etapas básicas de emisión desde el radar (1) FMCW de una señal codificada que incide sobre el blanco (6) modulado, reflexión de la señal en el blanco (6) modulado, introduciendo una modificación que puede ser detectada por el radar (1), y que le permite distinguir al blanco (6) modulado de objetos estáticos o móviles no modulados, una etapa de digitalización, filtrado y almacenamiento de la señal reflejada y una
15 etapa final de generación de una lista de posibles blancos (6) modulados.

Para detectar las señales reflejadas en el blanco (6), el radar (1) comprende un detector (7), que se muestra representado esquemáticamente en la figura 1, y puede ser un ordenador embebido, un microcontrolador, una FPGA, o un circuito integrado de aplicación específica
20 (ASIC).

El blanco (6) modulado trabaja a la banda del radar (1) con una frecuencia de modulación es f_m . Por lo tanto, la sección recta del radar (1) es modulada con una señal periódica de frecuencia f_m . La información se puede codificar en la frecuencia de modulación utilizada o
25 con otros esquemas de modulación como OOK, ASK, FSK o PSK.

En la figura 2, se describe el procedimiento desde una etapa inicial en la que se proporcionan unas muestras de fase y cuadratura a la salida del radar (1), hasta una etapa de detección del blanco (6) modulado, en una realización específica de la invención. El blanco (6) modulado se
35 puede detectar con un análisis de distancia-Doppler (también denominado distancia-velocidad) de un radar (1) convencional FMCW. Este análisis permite medir el blanco (6) y la

velocidad radial relativa de los blancos (6) respecto al radar (1). Por lo tanto, no es necesario realizar una modificación del radar (1) FMCW instalado en el vehículo (5) o la infraestructura de interés.

5 El procedimiento hace uso de mapas distancia-velocidad para detectar el blanco (6) modulado. El principio de trabajo consiste en digitalizar a una frecuencia de muestreo f_s una señal en banda base recibida en el radar (1), que ha sido modificada en el blanco (6) modulado, en un convertidor analógico digital (ADC) del radar (1), tal y como se muestra en la figura 1. A continuación, se almacenan las muestras en una matriz $x(k,l)$, $k=1\dots N$, $l=1\dots L$.

10

Así, se genera un mapa distancia-frecuencia ($RD(m,n)$) a partir de la Transformada Rápida de Fourier (FFT) de una captura $x(k,l)$ que comprende L chirps y N muestras por chirp. La Figura 3 muestra el procedimiento de muestro y la FFT bidimensional.

15 Para reducir el nivel de las interferencias de los lóbulos laterales de las ventanas al realizar la transformadas de Fourier y mejorar la resolución, se utilizan las técnicas de enventanado ("windowing") y "zero padding". En otro aspecto de la invención, se pueden emplear técnicas basadas en MUSIC y técnicas avanzadas de estimación de espectro para determinación del espectro. En cualquier caso, estas técnicas son más costosas computacionalmente y pueden
20 ser un factor limitante para aplicaciones a tiempo real.

Además de la señal modificada recibida desde el blanco (6) modulado, la señal recibida comprende reflexiones de los objetos indeseados ("clutter") y ruido indeseado. Para filtrar las contribuciones indeseadas y el ruido, se filtran los valores obtenidos en el mapa de distancia-
25 velocidad por debajo de un cierto valor umbral.⁷

En una realización de la invención, la determinación del valor umbral se puede realizar con técnicas basadas en métodos de Tasa Constante de Falsas Alarmas (CFAR). La detección se basa en la estimación de un umbral a partir de un conjunto de celdas de entrenamiento.
30 Para medir la distancia y velocidad radial del blanco (6) simultáneamente a partir de la matriz distancia-Doppler en entornos típicos con multiobjetivos, la técnica de Tasa Constante de Falsas Alarmas unidimensional se ha extendido a un caso bidimensional.

Una vez que las señales indeseadas del mapa distancia-velocidad se han eliminado, se
35 genera una lista de blancos (6) modulados. Para mejorar la precisión en su determinación, se puede aplicar una estimación de centroide. De acuerdo a la presente invención, si un blanco

(6) modulado está presentes en la escena, se pueden detectar al menos dos picos adicionales en el mapa distancia-velocidad, asociados al blanco (6) modulado.

El blanco (6) modulado es detectado si dos blancos (6) tienen en la misma celda de rango y la misma celda angular una diferencia en frecuencia de Doppler de $2f_m$. En la figura 4 se muestra esquemáticamente esta situación.

Concretamente, la figura 4a muestra un blanco (6) modulado y un blanco (6) normal. La amplitud es proporcional al modo estructural. La figura 4b muestra la representación de un blanco (6) modulado con una frecuencia de modulación pequeña comparada a la frecuencia de muestreo en velocidad y por tanto sin solape ("aliasing") en la transformada. El blanco (6) produce tres picos identificables. El punto central está asociado con el modo estructural mapeado en el punto (v, R). Pero se aprecian dos puntos separados en el eje de velocidad una cantidad $2\Delta v = 2f_m \cdot c / (2fc)$ alrededor del pico central y con amplitud proporcional al RCS diferencial. Donde, f_c es la frecuencia portadora central del radar (1) y c es la velocidad de propagación la luz.

Si la frecuencia de modulación es muy alta se incumple el criterio de Nyquist y puede aparecer un cierto solapamiento ("aliasing") en la transformadas debido al comportamiento periódico de las transformadas de señales muestreadas. Estos picos aparecen representados en las figuras 4c y 4d, dependiendo del signo de la velocidad del blanco (6). Esta situación ocurre cuando la coordenada de la velocidad del punto excede $\pm v_{max} = \pm c / (4fcT)$. El valor de v_{max} es función del radar (1).

Estos blancos (6) fantasma (o ficticios) se pueden clasificar en función de la diferencia conocida en el eje de velocidad. La amplitud de estos blancos (6) adyacentes asociados al blanco (6) modulado es proporcional a la sección recta radar diferencial del dispositivo o transpondedor (2) y el factor de modulación que se utiliza en la modulación de la señal enviada por el radar (1) al dispositivo o transpondedor. No se requiere en el vehículo (5) ningún hardware adicional para el radar (1) en esta comunicación.

Es importante destacar que el blanco (6) modulado es detectado en el mapa distancia-velocidad incluso cuando se acopla a objetos grandes con una sección recta elevada. Este hecho permite mejorar la detección de objetos con una sección recta pequeña que pueden estar enmascarados por objetos grandes reflectantes, tal y como ocurre con peatones, ciclistas o señales de tráfico.

La figura 5 muestra el mapa distancia-velocidad obtenido con un radar (1) FMCW. El blanco (6) modulado está localizado cerca de un reflector trihédrico ("trihedral corner reflector") con una sección recta de 20dB superior a la del transpondedor. Cuando la modulación del blanco (6) modulado está desactivada, el radar (1) detecta una reflexión fuerte, pero no puede distinguir el blanco (6) modulado del reflector. En la parte inferior de la figura 5 se ha activado la modulación del t blanco (6) modulado y el pico adyacente es claramente visible. La situación es típica en entornos automovilísticos, en los que peatones y ciclistas, debido a su sección recta inferior comparadas con la de otros objetos como coches, árboles o edificios, son difíciles de detectar por los radares de los automóviles.

Esta situación se muestra en el ejemplo descrito en la figura 6. Las figuras 7 y 8 muestran las trayectorias de los blancos (6) detectadas para veinte capturas del radar (1) con un ciclista (figura 7) y un peatón (figura 8) con un blanco (6) modulado. En las diez primeras capturas, el blanco (6) modulado estaba desactivado y en el resto el blanco (6) modulado estaba activado. Se puede apreciar que debido a la baja velocidad y pequeña sección recta comparada con las reflexiones elevadas indeseadas, el ciclista y el peatón son difíciles de clasificar por el radar (1) cuando no hace uso del procedimiento y dispositivo descritos en la invención. En cualquier caso, la combinación del dispositivo con el procedimiento de identificación propuestos permite la detección de este tipo de blancos (6) en entornos tan exigentes como el de la automoción.

El procedimiento descrito en la presente invención puede ser utilizado en comunicaciones vehículo-vehículo y vehículo infraestructura. En el esquema más simple, la detección de un transpondedor modulado un dispositivo como el objeto de invención, o un blanco (6) modulado en general, con el procedimiento descrito puede ser empleado para identificar y clasificar señales de tráfico. Cada señal de tráfico equipada con el blanco (6) modulado puede utilizar una forma de onda conocida con una modulación de frecuencia específica. El procedimiento descrito se puede aplicar para la detección del blanco (6) modulado con una forma de onda específica y una modulación de frecuencia instalado asimismo en un vehículo. Cuando el vehículo activa los frenos, los intermitentes o las luces de aviso, el blanco (6) modulado alerta de la acción al radar de otros vehículos.

REIVINDICACIONES

1.- Dispositivo para comunicación vehículo-vehículo y vehículo-infraestructura, posicionado en un vehículo (5) o un blanco (6) modulado, destinado a comunicarse con un radar (1) de tipo FMCW (onda continua modulada en frecuencia, Frequency Modulated Continuous Wave), y que comprende:

- un captador (2) de señal emitida por el radar (1),
- un modulador (3), conectado al captador (2) que modula en frecuencia, amplitud o fase la señal captada en el captador (2), y
- un elemento radiante (4), conectado al modulador (3), que transmite al radar (1) la señal modificada en el modulador (3).

2.- El dispositivo de la reivindicación 1, en el que el captador (2) es una primera antena, el elemento radiante (4) es una segunda antena y el modulador (3) comprende un amplificador conectado a ambas antenas, y un interruptor (10) asociado a un controlador (9), estando el interruptor (10) conectado entre el amplificador (3) y una fuente de alimentación (8).

3.- El dispositivo de la reivindicación 1, en el que el captador (2) y el elemento radiante (4) son una antena común de recepción y emisión.

4.- El dispositivo de la reivindicación 3, en el que el modulador (3) comprende una fuente de alimentación (8), un oscilador de modulación de la fuente de alimentación (8), y un elemento conmutador (diodo varactor, diodo PIN o transistor) que conmuta entre dos cargas conectadas al conmutador.

5.- El dispositivo de la reivindicación 1, en el que el modulador (3) es un amplificador en reflexión.

6.- El dispositivo de la reivindicación 1, en el que el modulador (3) modula la señal en una banda de frecuencia seleccionada entre 24GHz, 60 GHz, 122 GHz, 76/77 GHz, 77-81GHz y 75-85 GHz.

7.- Procedimiento para comunicación vehículo-vehículo y vehículo-infraestructura, que comprende las etapas de:

- emisión desde un radar (1) FMCW (onda continua modulada en frecuencia, *Frequency Modulated Continuous Wave*) de un conjunto de señales codificadas hacia un blanco (6) modulado,
- modulación en frecuencia de las señales en el blanco (6) modulado y reflexión hacia el radar (1),
- digitalización, filtrado y almacenamiento de las señales reflejadas en el blanco (6) modulado, y
- generación de una lista de blancos (6) modulados detectados basados en el desplazamiento en un eje de velocidad asociado a la frecuencia de modulación del blanco (6) modulado, que se corresponde con una evolución lineal en la fase de la señal cuando se evalúa esta fase para diferentes señales codificadas del conjunto de señales codificadas.

8.- El procedimiento de la reivindicación 7, en el que el conjunto de señales codificadas son unas señales de tipo chirp.

9.- El procedimiento de la reivindicación 7, en la que la modificación de la señal en el blanco (6) modulado es una modificación de frecuencia de modulación que se corresponde con una evolución lineal en la fase de la señal codificada enviada desde el radar (1).

10.- El procedimiento de la reivindicación 7, en el que la modificación de la señal en el blanco (6) modulado se realiza conmutando una fuente de alimentación (8) conectada al blanco (6) modulado.

11.- El procedimiento de la reivindicación 7, en el que la etapa de digitalización de la señal comprende las subetapas de:

- digitalización, a una frecuencia de muestreo f_s , la señal modificada en el blanco (6) modulado,
- almacenamiento en una matriz $x(k,l)$, $k=1\dots N$, $l=1\dots L$, y generación de un mapa distancia-frecuencia (RD(m,n)) a partir de una Transformada Rápida de Fourier (FFT) de una captura $x(k,l)$.

12.- El procedimiento de la reivindicación 7, en el que en la etapa de filtrado se eliminan valores por debajo de un valor umbral.

13.- El dispositivo de la reivindicación 11, en el que el valor umbral se determinan haciendo uso de un método de Tasa Constante de Falsas Alarmas (CFAR) para separar la señal modulada del dispositivo de otras señales.

- 5 14.- El dispositivo de la reivindicación 7, en el que durante la etapa de filtrado se aplica una estimación de centroide para la detección de los blancos (6) modulados.

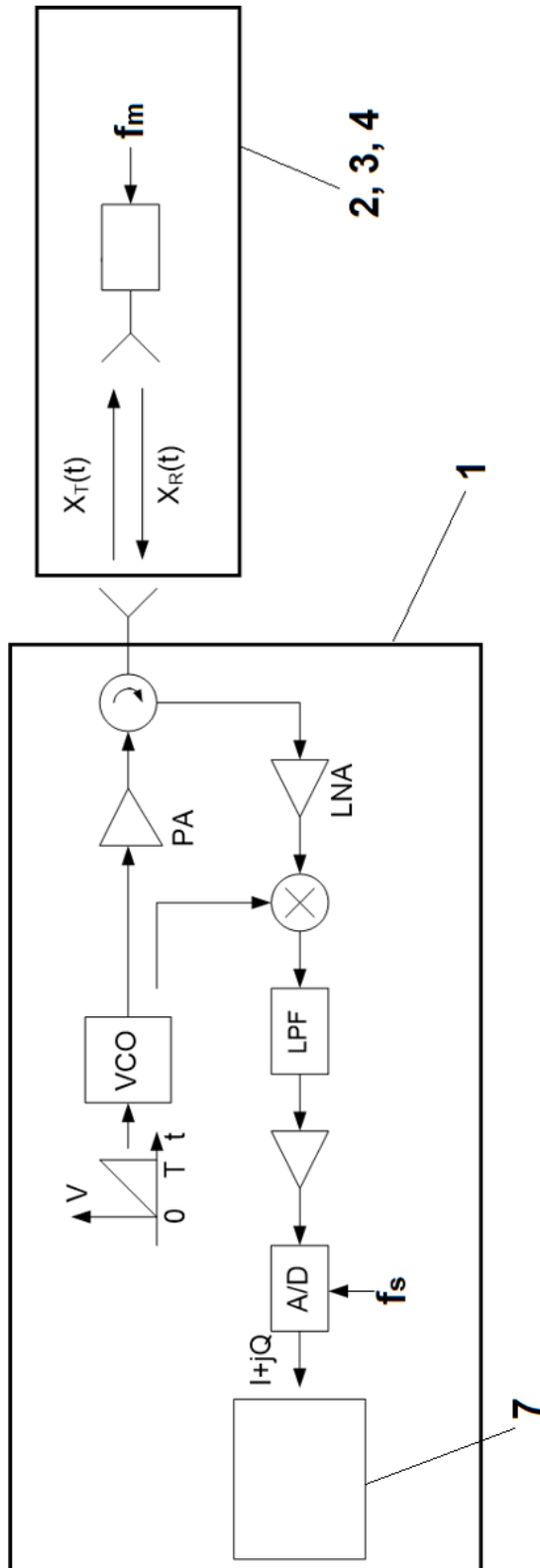


FIG. 1

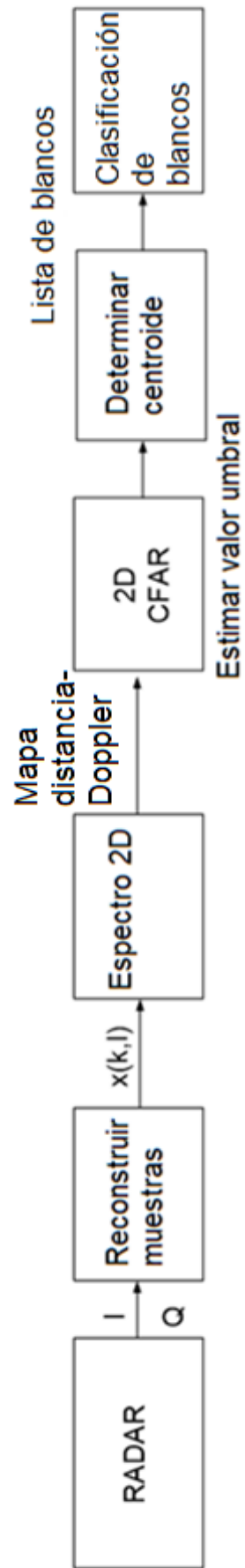


FIG. 2

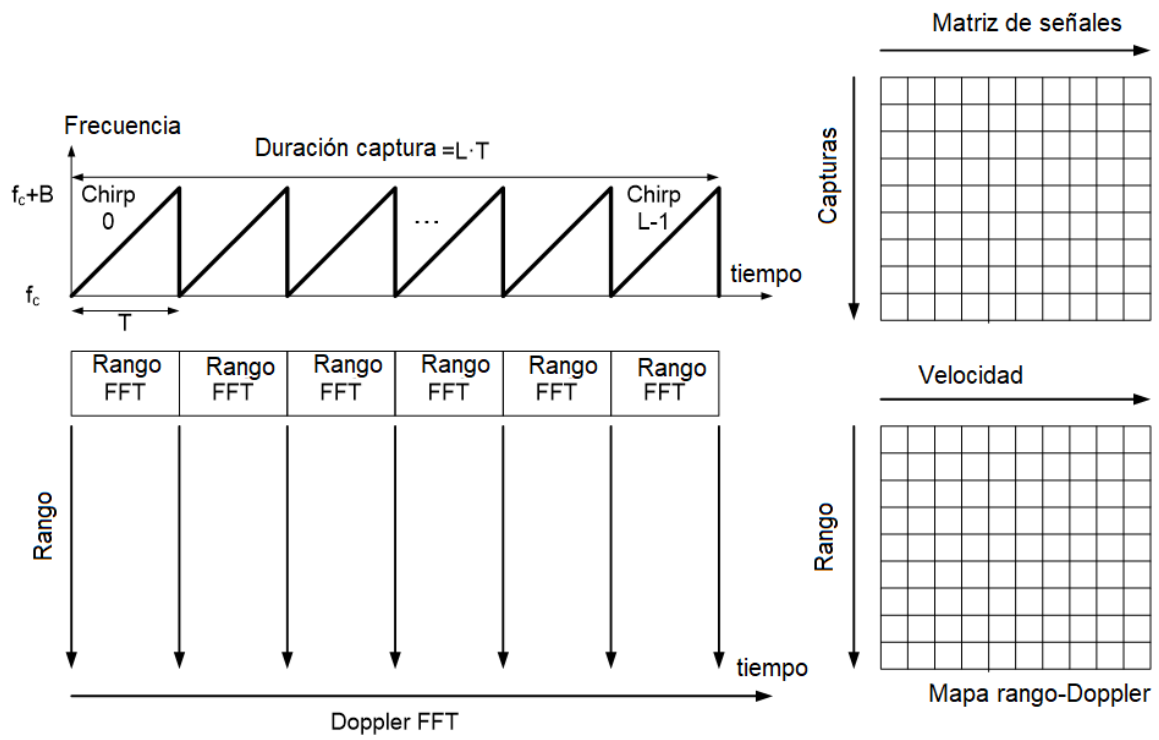


FIG. 3

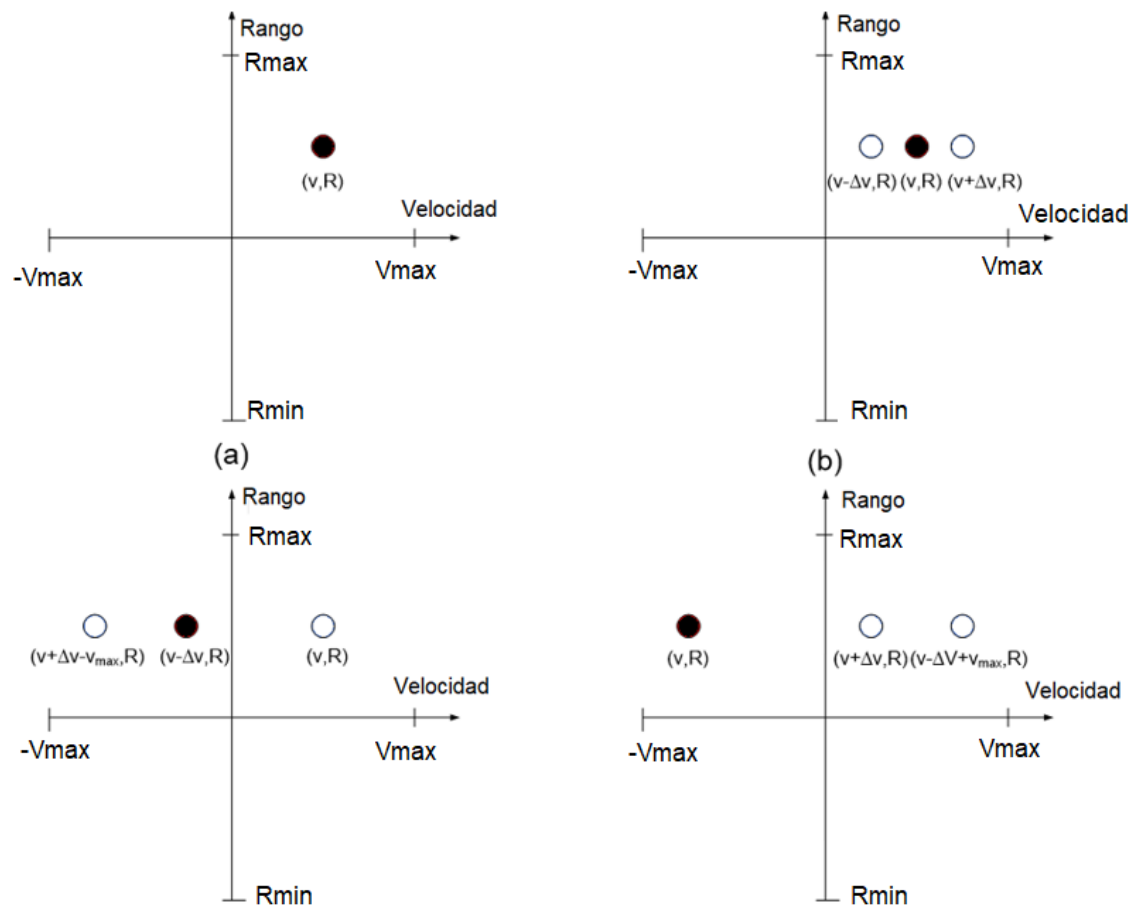


FIG. 4

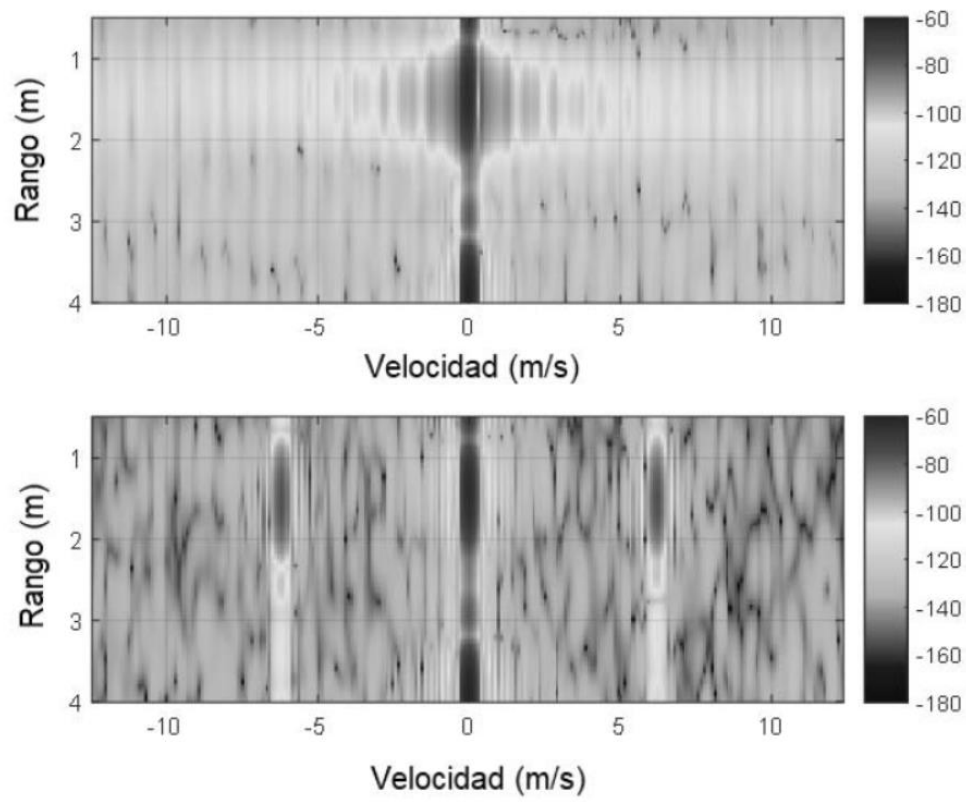


FIG. 5

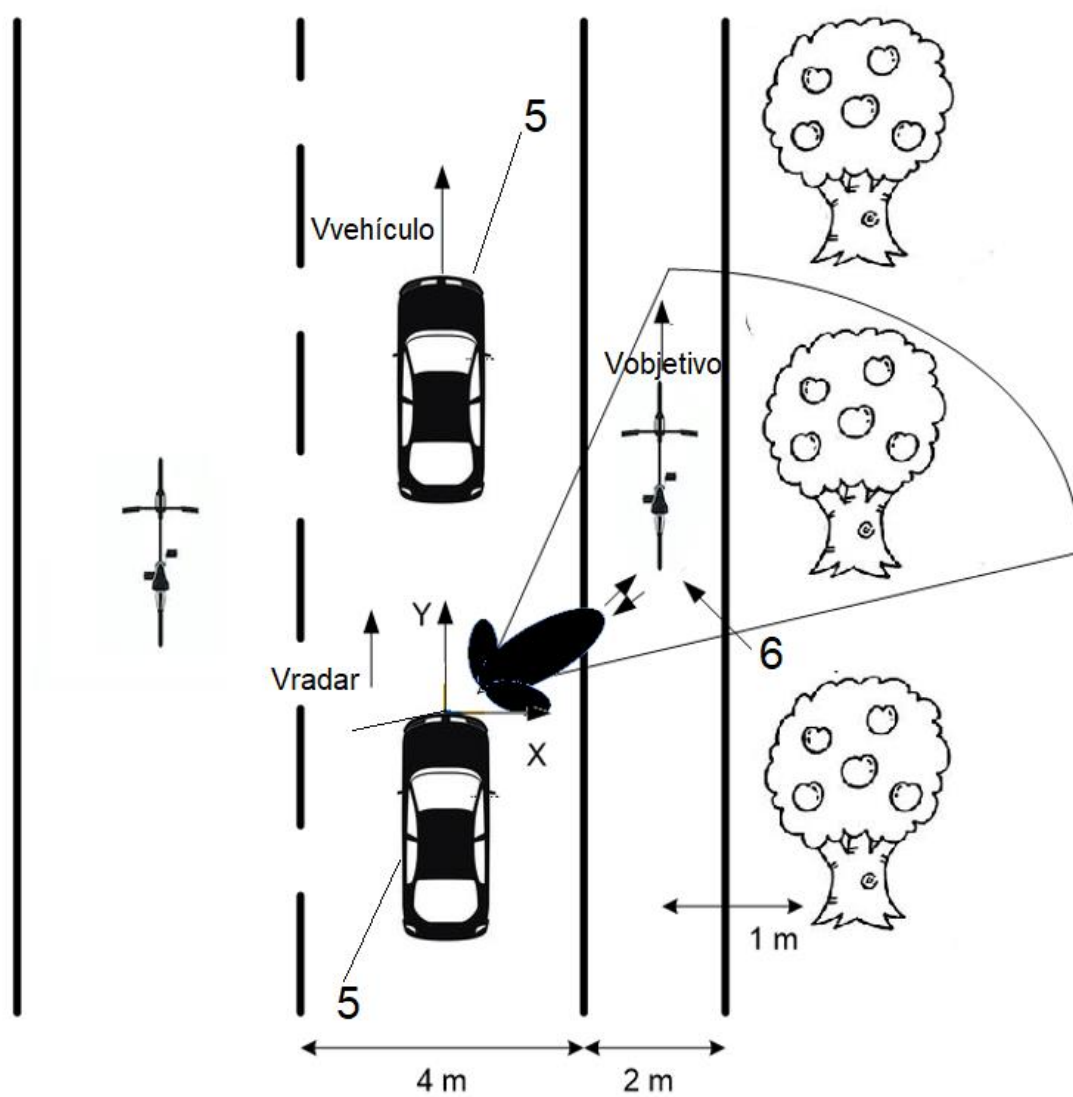


FIG. 6

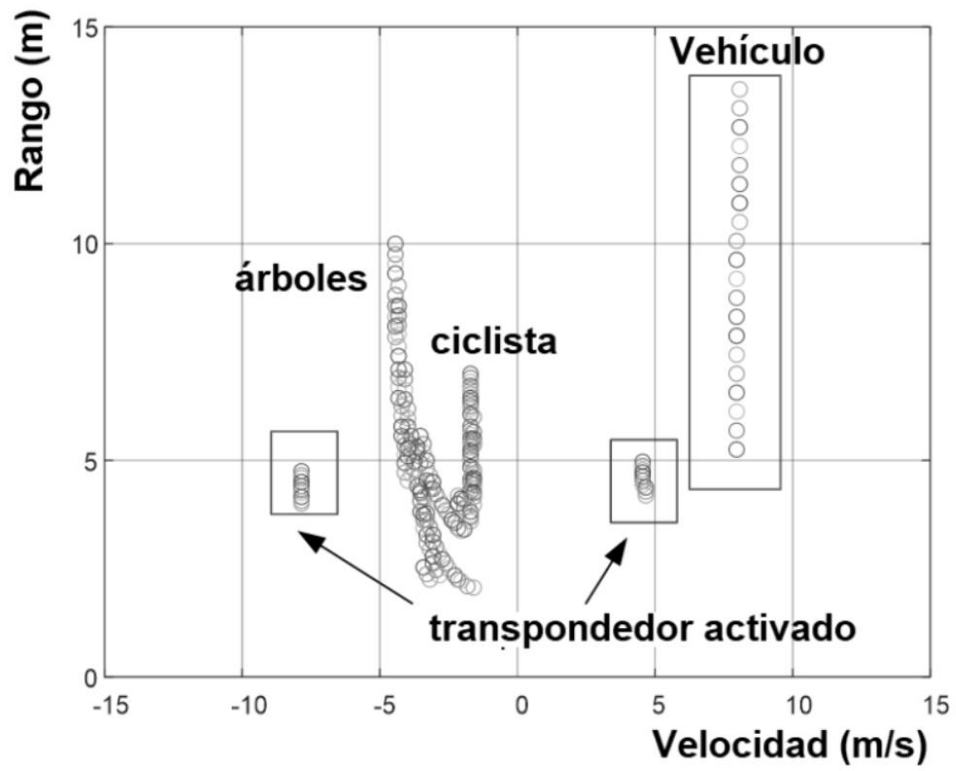


FIG. 7

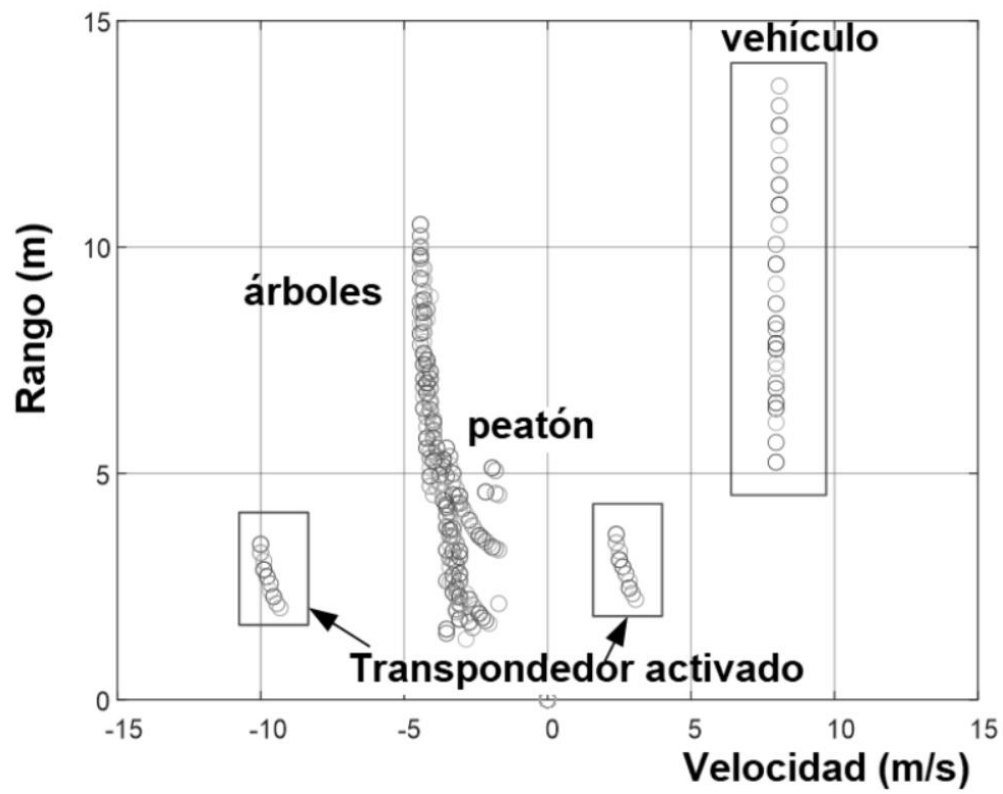


FIG. 8

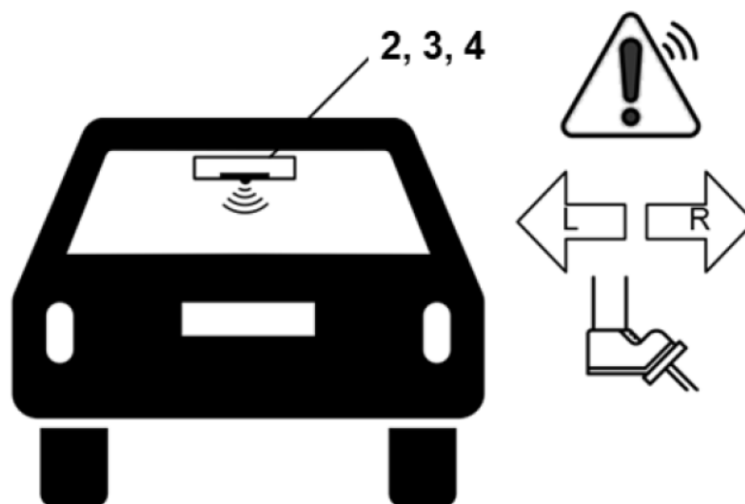


FIG. 9

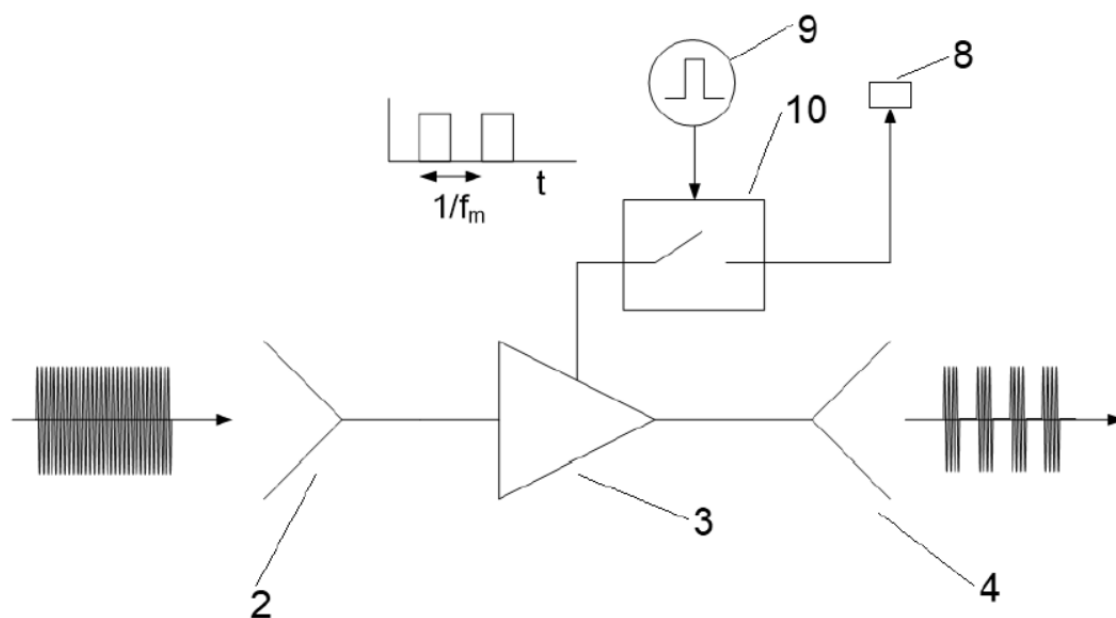


FIG. 10



- ②① N.º solicitud: 202030835
②② Fecha de presentación de la solicitud: 05.08.2020
③② Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤① Int. Cl.: **G01S13/88** (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X	CN 110794403 A (UNIV NANJING AERONAUTICS & ASTRONAUTICS) 14/02/2020, Desc. & figs. 1-3	1-14
A	US 2019073545 A1 (DOLGOV MAXIM et al.) 07/03/2019, todo el documento	1-14
A	US 2016223643 A1 (LI WENHUA et al.) 04/08/2016, todo el documento	1-14
A	WO 2019153016 A1 (METAWAVE CORP) 08/08/2019, todo el documento	1-14

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
27.04.2021

Examinador
G. Madariaga Domínguez

Página
1/2

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

G01S

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

WPI, EPODOC