

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 022 993**

51 Int. Cl.:

**G01S 17/02** (2010.01)

**G01N 21/21** (2006.01)

**H04N 1/00** (2006.01)

**G01N 21/47** (2006.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **19.03.2019 PCT/EP2019/056843**

87 Fecha y número de publicación internacional: **26.09.2019 WO19180021**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.03.2019 E 19713398 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.01.2025 EP 3769115**

54 Título: **Métodos y sistemas para identificar la composición material de objetos en movimiento**

30 Prioridad:

**19.03.2018 US 201862644746 P**  
**14.10.2018 US 201862745370 P**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**29.05.2025**

73 Titular/es:

**IRIDENSENSE (100.00%)**  
**8 esplanade de la Manufacture**  
**92130 Issy-les-Moulineaux, FR**

72 Inventor/es:

**BUCHTER, SCOTT**

74 Agente/Representante:

**DEL VALLE VALIENTE, Sonia**

ES 3 022 993 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

Métodos y sistemas para identificar la composición material de objetos en movimiento

### 5 **Campo técnico**

La presente divulgación se refiere a métodos y sistemas para identificar la composición material de objetos en movimiento en un volumen o espacio tridimensional (3D).

10 La presente divulgación también se refiere a métodos y sistemas para reconstruir vistas tridimensionales de objetos en movimiento.

La presente divulgación también se refiere al campo de los sensores tridimensionales que están montados en un dispositivo, como un vehículo.

### 15 **Antecedentes**

Proporcionar a un dispositivo sensores que sean capaces de generar nubes de puntos tridimensionales del entorno del dispositivo tiene muchas aplicaciones interesantes.

20 Las nubes de puntos generadas pueden, por ejemplo, utilizarse para mapear un área recorrida por un vehículo.

Las nubes de puntos generadas también pueden utilizarse para ayudar o automatizar el sistema de conducción del vehículo.

25 Ejemplos de aplicaciones para la asistencia a la conducción son la detección de objetos para activar la advertencia de colisión o la evitación de colisión, pero los sensores también pueden utilizarse en un vehículo totalmente autónomo, con el fin de automatizar el sistema de conducción del vehículo.

30 Sin embargo, en muchas situaciones, puede ser necesario determinar el tipo de objetos que el vehículo puede detectar o con los que puede colisionar, con el fin de controlar el vehículo con una respuesta de conducción adecuada.

Como ejemplo, el vehículo puede operar de manera diferente si el objeto detectado es un niño cruzando inadvertidamente una calle o un contenedor de basura que se ha dejado en la carretera en el camino del vehículo. Dependiendo de las circunstancias, el vehículo puede decidir evitar o no una colisión.

35 Para diferenciar entre dos objetos diferentes, puede ser necesario conocer la composición material de estos objetos. En el caso de un niño, la composición material detectada será probablemente los tejidos de su ropa o su piel, mientras que en el caso de un contenedor de basura, la composición material será metal o plástico rígido, por ejemplo.

40 Para este fin, se conoce el uso de sensores que pueden emitir una señal física en múltiples longitudes de onda ópticas. Los sensores pueden entonces recibir la señal que se refleja en el objeto para estas diferentes longitudes de onda. A partir de esta respuesta de reflectividad, es posible identificar la composición material del objeto comparando la respuesta de reflectividad recibida con una base de datos que comprende respuestas de reflectividad de referencia para materiales conocidos.

45 Sin embargo, esto requiere poder procesar la información recibida en tiempo real, de modo que se pueda tomar el comando apropiado del vehículo inmediatamente o poco después de que se haya detectado el objeto, y más particularmente mientras el vehículo está en movimiento. El documento US9315192 describe un vehículo autónomo con LIDAR y otros sensores basados en el rango.

### 50 **Problema técnico**

Algunos sistemas de la técnica anterior operan emitiendo simultáneamente en múltiples longitudes de onda ópticas y recibiendo sucesivamente la respuesta reflejada en diferentes longitudes de onda.

55 Sin embargo, tales sistemas son demasiado lentos para ser utilizados en entornos dinámicos. Además, si el vehículo está en movimiento, cada longitud de onda se recibe según una ubicación diferente del receptor, y se vuelve demasiado complicado agregar las señales reflejadas a medida que aumenta el número de longitudes de onda.

60 Como otra variante, algunos sistemas comprenden un solo emisor que puede emitir simultáneamente en múltiples longitudes de onda y una pluralidad de receptores, cada receptor configurado para recibir una señal física reflejada en una longitud de onda específica. De esta manera, los receptores, cuando se toman en conjunto, pueden recibir simultáneamente las señales reflejadas para todas las diferentes longitudes de onda emitidas.

65

Sin embargo, tales sistemas son complejos ya que requieren un gran número de receptores. Además, para funcionar eficazmente, el emisor y los receptores deben estar alineados y colocados con un alto grado de precisión con respecto al vehículo. Si uno de los emisores o los receptores está desalineado inadvertidamente, la señal que se recibe puede no ser precisa y el vehículo puede desconocer una situación de riesgo grave.

Tener varios receptores, cada uno con una electrónica dedicada, es una solución particularmente costosa.

Además, cada receptor está asignado a una longitud de onda o rango de longitudes de onda específico. Por lo tanto, el sistema no es fácilmente ajustable, lo que lo hace menos flexible si se tienen que utilizar otras longitudes de onda en el futuro con los mismos receptores.

Finalmente, todo esto es aún más difícil cuando el objeto a detectar se mueve hacia el entorno del vehículo. El objeto puede entonces tener una ubicación u orientación diferente con respecto al vehículo cuando se emiten señales físicas sucesivas.

La presente divulgación tiene como objetivo mejorar esta situación.

El objeto de la presente divulgación es proporcionar la respuesta de reflectividad de un objeto en múltiples longitudes de onda ópticas en tiempo real de un objeto que se mueve hacia el entorno del dispositivo.

## Divulgación

Se propone un método para identificar un material de composición de un objeto ubicado en un entorno que rodea al menos un dispositivo, tal como se describe en la reivindicación 1, el objeto moviéndose con relación al dispositivo, en el que al menos un sensor está montado en el dispositivo y se comunica con al menos una unidad central de procesamiento, en el que:

/A/ el sensor genera un cuadro de nube de puntos de una secuencia continua emitiendo una señal física en una primera longitud de onda de una pluralidad de longitudes de onda, en el que el cuadro de nube de puntos comprende un conjunto de puntos de datos, al menos un punto de datos que comprende coordenadas del objeto en un volumen local que rodea al sensor en el tiempo  $t_j$  en un sistema de coordenadas local del sensor, dicho punto de datos que también comprende un valor de intensidad de una señal física reflejada correspondiente a la señal física emitida una vez reflejada en el objeto,

/B/ la unidad central de procesamiento recibe el cuadro de nube de puntos y determina las coordenadas de cada punto de datos del cuadro de nube de puntos en un sistema de coordenadas global del entorno que rodea al dispositivo, el valor de intensidad que se asocia con las coordenadas de cada punto de datos en el sistema de coordenadas global,

/C/ la unidad central de procesamiento determina las coordenadas del objeto en el tiempo  $t_j$  en el sistema de coordenadas global,

/D/ la unidad central de procesamiento almacena en una memoria las coordenadas del objeto en el sistema de coordenadas global en el tiempo  $t_j$ ,

los pasos /A/ a /D/ se repiten con el sensor u otro sensor generando otro cuadro de nube de puntos emitiendo otra señal física en una segunda longitud de onda de la pluralidad de longitudes de onda diferentes, en el tiempo  $t_{j+1}$ , de modo que al menos dos valores de intensidad se asocian a las coordenadas del objeto en el sistema de coordenadas global en dos tiempos diferentes,

/E/ la unidad central de procesamiento determina una respuesta de reflectividad del objeto a partir de los al menos dos valores de intensidad, y

/F/ la unidad central de procesamiento identifica el material de composición del objeto comparando la respuesta de reflectividad determinada en el paso /E/ con las respuestas de reflectividad de referencia de materiales conocidos almacenados en una biblioteca, y

en el que la unidad central de procesamiento determina las coordenadas  $(\phi_i, q_i, d_i)$  GCS del objeto en el tiempo  $t_j$  en un sistema de coordenadas global (GCS) mediante:

la comparación del cuadro de nube de puntos (PCF<sub>j</sub>) con un mapa tridimensional acumulado global (CM) del entorno (E) para determinar un cuadro de nube de puntos alineado (PCF<sub>j,alineado</sub>) en el sistema de coordenadas global (GCS), y

la identificación de un conjunto de puntos de datos del cuadro de nube de puntos (PCF<sub>j</sub>) que no se pueden alinear en el sistema de coordenadas global (GCS), de modo que este conjunto de puntos de datos corresponde al objeto en movimiento.

La unidad central de procesamiento determina las coordenadas de cada punto de datos del cuadro de nube de puntos en el sistema de coordenadas global del entorno que rodea al dispositivo mediante:

5 la comparación del cuadro de nube de puntos con un mapa tridimensional acumulado global del entorno para determinar un cuadro de nube de puntos alineado en el sistema de coordenadas global, y

la actualización del mapa tridimensional acumulado global fusionando el cuadro de nube de puntos alineado con el mapa tridimensional acumulado global.

10 La unidad central de procesamiento determina las coordenadas del objeto en el tiempo  $t_j$  en un sistema de coordenadas global mediante:

15 la comparación del cuadro de nube de puntos con un mapa tridimensional acumulado global del entorno para determinar un cuadro de nube de puntos alineado en el sistema de coordenadas global, y

la determinación de un conjunto de puntos de datos del cuadro de nube de puntos que no se pueden alinear en el sistema de coordenadas global, de modo que este conjunto de puntos de datos corresponde al objeto en movimiento.

20 El método comprende un paso adicional de obtención de una reconstrucción tridimensional del objeto a partir de las coordenadas del objeto en el sistema de coordenadas global y generado al menos dos tiempos diferentes,

El sensor comprende al menos un emisor y al menos un receptor, el emisor configurado para emitir una señal física y el receptor configurado para recibir la señal física emitida una vez reflejada en el objeto.

25 El sensor comprende el emisor y el receptor como una sola unidad.

La unidad central de procesamiento identifica el material de composición del objeto comparando la respuesta de reflectividad determinada en el paso /E/ con las respuestas de reflectividad de referencia de materiales conocidos almacenados en una biblioteca.

30 Las longitudes de onda de las señales físicas emitidas para los cuadros de nube de puntos se seleccionan de forma aleatoria.

35 Las longitudes de onda de las señales físicas emitidas para los cuadros de nube de puntos se seleccionan en un orden predeterminado.

El dispositivo comprende una pluralidad de sensores, en el que los sensores pueden generar respectivamente un cuadro de nube de puntos emitiendo una señal física en una longitud de onda comprendida en diferentes dominios espectrales.

40 Los sensores se comunican de forma inalámbrica con la unidad central de procesamiento.

45 Un cuadro de nube de puntos corresponde a un escaneo completo del volumen local del sensor.

Las coordenadas del objeto en el sistema de coordenadas local del sensor comprenden dos coordenadas angulares y una coordenada radial.

50 La coordenada radial corresponde a la distancia desde el sensor al punto de datos, la distancia que se calcula comparando la temporización de la señal física emitida y la señal física reflejada.

Los pasos /A/ a /D/ se repiten al menos cuatro veces, de modo que al menos cuatro valores de intensidad se asocian a las coordenadas del objeto en el sistema de coordenadas global.

55 La señal física es una señal láser.

El dispositivo es un vehículo capaz de moverse en el entorno.

60 En otro aspecto, se propone un sistema para identificar el material de composición de un objeto ubicado en un entorno que rodea al menos un dispositivo, el objeto moviéndose con relación al dispositivo, el sistema que comprende:

una pluralidad de sensores configurados para montarse en dicho al menos un dispositivo, cada sensor configurado para generar una secuencia continua de cuadros de nube de puntos, en paralelo y asincrónicamente con los otros sensores, emitiendo una señal física en una longitud de onda, en el que el cuadro de nube de puntos comprende un conjunto de puntos de datos, cada punto de datos que comprende coordenadas del objeto en un volumen local del entorno que rodea al sensor en el tiempo  $t_j$  en un sistema de coordenadas local del sensor, cada punto de datos que

también comprende un valor de intensidad de una señal física reflejada correspondiente a la señal física emitida una vez reflejada en el objeto,

5 una unidad central de procesamiento configurada para comunicarse con cada sensor para recibir continuamente las secuencias continuas de los sensores, determinar las coordenadas de cada punto de datos del cuadro de nube de puntos en un sistema de coordenadas global del entorno que rodea al dispositivo, determinar las coordenadas del objeto en el sistema de coordenadas global en el tiempo  $t_j$ , y almacenar en una memoria el valor de intensidad y las coordenadas en el sistema de coordenadas global,

10 la unidad central de procesamiento configurada para determinar una respuesta de reflectividad del objeto a partir de los valores de intensidad e identificar el material de composición del objeto comparando la respuesta de reflectividad con respuestas de reflectividad de referencia de materiales conocidos almacenados en una biblioteca,

15 y para determinar las coordenadas del objeto en el tiempo  $t_j$  en un sistema de coordenadas global mediante:

la comparación del cuadro de nube de puntos con un mapa tridimensional acumulado global del entorno para determinar un cuadro de nube de puntos alineado en el sistema de coordenadas global, y

20 la identificación de un conjunto de puntos de datos del cuadro de nube de puntos que no se pueden alinear en el sistema de coordenadas global, de modo que este conjunto de puntos de datos corresponde al objeto en movimiento.

En otro aspecto, se propone un vehículo autónomo o semiautónomo que comprende un sistema según la divulgación.

25 En otro aspecto, se propone un medio de almacenamiento legible por ordenador no transitorio, que tiene almacenado en él un programa de ordenador que comprende instrucciones de programa, el programa de ordenador cargable en una unidad central de procesamiento del sistema según la divulgación y configurado para hacer que la unidad central de procesamiento lleve a cabo los pasos de un método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 15, cuando el programa de ordenador es ejecutado por la unidad central de procesamiento.

### 30 Breve descripción de los dibujos

Otras características, detalles y ventajas se mostrarán en la siguiente descripción detallada y en las figuras, en las que:

35 Fig. 1

La Figura 1 es una vista lateral esquemática de un vehículo en un entorno que comprende un objeto en movimiento, ilustrado por un automóvil, según una realización de la divulgación.

40 Fig. 2

La Figura 2 es una vista superior esquemática del vehículo de la Figura 1.

45 Fig. 3

La Figura 3 es una vista esquemática de un sistema del vehículo de la Figura 1 y la Figura 2 para identificar la composición material de un objeto ubicado en el entorno del vehículo.

50 Fig. 4

La Figura 4 es una representación gráfica de un escaneo completo de un volumen local de un sensor del vehículo de la Figura 1 y la Figura 2 en varias longitudes de onda diferentes.

55 Fig. 5

La Figura 5 es una representación gráfica de las señales reflejadas recibidas para cada señal física emitida en varias longitudes de onda diferentes, las señales reflejadas que se agregan para obtener una respuesta de reflectividad de un objeto.

60 Fig. 6

La Figura 6 es una vista esquemática del dispositivo y un objeto ilustrado por un automóvil, el dispositivo que genera dos cuadros de nube de puntos en dos momentos diferentes mientras el objeto se mueve con relación al dispositivo.

65 Fig. 7

La Figura 7 es un diagrama de flujo que muestra un método para identificar dinámicamente una composición material de un objeto en el entorno del vehículo según una realización de la divulgación.

### Descripción de una realización

5 Las figuras y la siguiente descripción detallada contienen, esencialmente, algunos elementos exactos. Pueden utilizarse para mejorar la comprensión de la divulgación y, también, para definir la divulgación si es necesario.

#### Vehículo

10 La divulgación se refiere a un dispositivo. El dispositivo es ventajosamente móvil en un entorno E. El dispositivo puede ser cualquier tipo de dispositivo, como un dispositivo de mano, o puede estar montado en un elemento relativamente más grande.

15 Según una realización, el dispositivo puede ser transportado a mano por una persona, por ejemplo.

Según otra realización particular y no limitativa que se detalla a continuación, el dispositivo es un vehículo 1 en un entorno E.

20 El vehículo puede ser cualquier tipo de vehículo configurado para moverse en el entorno E. Los vehículos incluyen vehículos de motor (motocicletas, automóviles, camiones y autobuses), vehículos ferroviarios (trenes, tranvías), embarcaciones (barcos, botes), vehículos anfibios (vehículos de tornillo, aerodeslizadores), aeronaves (aviones, helicópteros, drones) y naves espaciales.

25 Más particularmente, la Figura 1 y la Figura 2 ilustran un vehículo 1 según una realización de la divulgación.

El vehículo 1 es un vehículo de ruedas cuya dirección se puede controlar para seguir una trayectoria específica P. Debe tenerse en cuenta que la divulgación se puede aplicar a una amplia gama de vehículos de ruedas, automóviles con dirección en las ruedas traseras, camiones, motocicletas y similares.

30 Como se ilustra en la Figura 1, el vehículo 1 está provisto de una carrocería 2, que soporta al menos una rueda 3, que delimita un interior del vehículo del entorno E del vehículo 1.

#### Sensor

35 El vehículo 1 comprende un sistema 10 para identificar una composición material de un objeto 20 ubicado en el entorno E del vehículo 1.

40 El sistema 10 comprende al menos un sensor 11. Ventajosamente, el sistema 10 comprende una pluralidad de sensores 11a, 11b, 11c que están montados en o dentro de la carrocería 2 del vehículo 1.

Por ejemplo, el vehículo 1 puede estar provisto de tres sensores 11a, 11b, 11c montados respectivamente en la parte trasera, en la parte superior y en la parte delantera del vehículo 1, como se ilustra en [Fig. 1]. Sin embargo, el vehículo 1 puede comprender solo dos sensores 11 o un número mayor de sensores 11.

45 Cada sensor 11 genera una secuencia continua de cuadros de nube de puntos de un volumen local  $L_j$  que rodea al sensor 11.

50 Por “cuadro de nube de puntos”, se entiende un cuadro generado en un momento específico, o durante un intervalo corto de adquisición.

Por “secuencia continua de cuadros de nube de puntos”, se entiende una sucesión de cuadros de nube de puntos, generados periódicamente o no, organizados en una secuencia de datos.

55 Por ejemplo, el sensor 11 puede generar periódicamente cuadros de nube de puntos con una frecuencia de cuadro dada de la secuencia continua. La frecuencia de cuadro puede ser igual o superior a 20 Hz (Hertzios). La frecuencia de cuadro también puede ser menor, por ejemplo, inferior a 20 Hz, incluso inferior a 10 Hz, o incluso inferior a 5 Hz.

60 En la especificación a continuación, un cuadro de nube de puntos generado por un sensor 11 se denomina PCFj, el tiempo de adquisición de este cuadro de nube de puntos PCFj se denomina  $t_j$  y un volumen local  $L_j$  del sensor 11 en dicho tiempo  $t_j$  se denomina  $L_j$ . En estas referencias, el subíndice j es el índice del cuadro en la secuencia continua ST, j aumentando con el tiempo con cada cuadro recién generado.

65 Los cuadros de nube de puntos PCFj también se pueden generar en paralelo y asincrónicamente con otros cuadros de nube de puntos de otros sensores 11.

Por “en paralelo y asincrónicamente”, se entiende que los sensores 11 generalmente desconocen la existencia de los demás y la generación de cuadros de nube de puntos PCFj por los sensores 11 no está específicamente sincronizada entre sí.

- 5 Por lo tanto, los cuadros de nube de puntos PCFja, PCFjb, PCFjc de las secuencias continuas respectivas STa, STb, STc de los sensores 11a, 11b, 11c pueden generarse en diferentes momentos respectivos tja, tjb, tjc.

Cuadro de nube de puntos

- 10 Cada cuadro de nube de puntos PCFj de una secuencia ST comprende un conjunto de puntos de datos Mi en un sistema de coordenadas local LCS del sensor 11. Un punto de datos Mi corresponde a una porción tridimensional, como un vóxel, del volumen local Lj.

- 15 Un cuadro de nube de puntos puede comprender un gran número de puntos de datos, como 10 000 o incluso 100 000 puntos de datos, o incluso más. El número de puntos de datos puede variar, dependiendo de la resolución deseada al escanear el entorno E del vehículo 1 con el sensor 11. El número de puntos de datos de un cuadro de nube de puntos también puede variar según la frecuencia de cuadro que se utilice; si la frecuencia de cuadro es alta, el número de puntos de datos de un cuadro de nube de puntos que se necesita puede ser menor.

- 20 Más precisamente, un punto de datos Mi puede corresponder a un objeto 20, o una parte de un objeto 20, ubicado en el entorno E del vehículo 1.

- 25 El sistema de coordenadas local LCS es un sistema de coordenadas relacionado con el vehículo 1, y más particularmente con el sensor 11, por ejemplo, con un punto de origen ubicado en la ubicación del sensor. El sistema de coordenadas local LCS puede ser un sistema de coordenadas cartesiano, cilíndrico o polar.

Cada punto de datos Mi comprende coordenadas tridimensionales  $(\phi_i, q_i, d_i)$  LCS, en particular en el sistema de coordenadas local LCS del sensor.

- 30 Las coordenadas  $(\phi_i, q_i, d_i)$  LCS son representativas de la ubicación del punto de datos Mi en el volumen local Lj del sensor 11 en el tiempo tj.

- 35 Cada punto de datos Mi también comprende un valor de intensidad li asociado con las coordenadas  $(\phi_i, q_i, d_i)$  LCS del punto de datos Mi.

El valor de intensidad li es representativo de una característica física asociada con el objeto 20 ubicado en las coordenadas  $(\phi_i, q_i, d_i)$  LCS del punto de datos Mi, como se detalla a continuación.

- 40 El objeto 20 es movable o se mueve en el entorno E del vehículo 1.

Por “movible o en movimiento”, se entiende que el objeto 20 puede moverse o se mueve con relación al vehículo 1. Además, el objeto 20 puede moverse mientras el vehículo 1 está inmóvil, o el objeto 20 puede moverse mientras el vehículo 1 también se está moviendo. En este último caso, el objeto 20 se mueve con relación a un marco de referencia del vehículo 1.

- 45 Por “movible o en movimiento”, también se entiende que el objeto 20 puede tener cualquier trayectoria en el entorno E. Por ejemplo, el objeto 20 puede tener una trayectoria recta o curva, en cualquier dirección. El objeto también puede pivotar o cambiar de orientación.

- 50 Sin embargo, dado el hecho de que un cuadro de nube de puntos se genera durante un tiempo de adquisición muy corto, se considera que el objeto permanece quieto con relación al vehículo 1 durante dicho tiempo de adquisición.

Tal objeto 20 puede ser de varios tipos. Como se ilustra en la Figura 1, los ejemplos no limitativos de objetos 20 incluyen animales, peatones o vehículos que pueden moverse hacia el entorno E del vehículo 1.

- 55 Esta lista no es limitativa y cualquier objeto susceptible de moverse puede formar parte de la presente divulgación.

Generación de un cuadro de nube de puntos

- 60 Para generar una secuencia continua ST de cuadros de nube de puntos PCFj, el sensor 11 comprende al menos un emisor 14 y al menos un receptor 15.

Ventajosamente, el sensor 11 comprende un solo emisor 14 y un solo receptor 15, preferiblemente como una sola unidad, como se ilustra en la Figura 3.

- 65 El emisor 14 está configurado para emitir una señal física 16.

La señal física puede ser un haz de luz, una onda electromagnética o una onda acústica.

El receptor 15 está configurado para recibir una señal física reflejada 17, correspondiente a la señal física emitida 16 una vez reflejada en el entorno E del vehículo 1.

Por “reflejada”, se entiende la reflexión especular (similar a un espejo) o difusa.

Un sensor 11 puede comprender, por ejemplo, un telémetro láser, como un módulo de detección y rango de luz (Lidar), un módulo de radar, un módulo de rango ultrasónico, un módulo de sonar, un módulo de rango que utiliza triangulación o cualquier otro elemento capaz de generar un cuadro de nube de puntos.

Coordenadas

Un cuadro de nube de puntos PCFj corresponde a un escaneo completo del volumen local Lj del sensor 11.

Por “escaneo completo del volumen local”, se entiende que el sensor 11 ha cubierto su campo de visión completo. Por ejemplo, el emisor 14 emite una señal física que es desviada por un espejo móvil que gira en dos direcciones. Después de un escaneo completo del volumen local, el espejo móvil del sensor 11 vuelve a su posición original y está listo para comenzar un nuevo período de movimiento de rotación. Un escaneo completo del volumen local Lj por el sensor 11 es, por lo tanto, el equivalente tridimensional de una imagen adquirida por una cámara bidimensional.

Como se ilustra en la Figura 1 y la Figura 2, el sensor 11 puede operar un escaneo completo moviéndose a lo largo de dos direcciones angulares  $\theta$ ,  $\phi$  en el sistema de coordenadas local LCS del sensor 11.

Según esta realización, cada punto de datos Mi de un cuadro de nube de puntos PCFj comprende, por lo tanto, dos coordenadas angulares  $\theta_i$ ,  $\phi_i$ .

Las coordenadas de un punto de datos Mi en el sistema de coordenadas local LCS también comprenden una coordenada radial, correspondiente a la distancia di desde el sensor 11 al punto de datos Mi.

Dicha distancia di puede calcularse comparando la temporización de la señal física emitida 16 y la señal física reflejada 17, por ejemplo, comparando el tiempo o las fases de emisión y recepción entre el emisor 14 y el receptor 15. Como ejemplo, un convertidor de tiempo a digital (TDC) puede medir el tiempo de vuelo (TOF) de la señal física para proporcionar la distancia di al punto Mi.

Valor de intensidad

Cada cuadro de nube de puntos PCFj de una secuencia continua ST se genera en una longitud de onda dada  $\lambda_{ej}$ .

Para este fin, el emisor 14 de un sensor 11 puede emitir la señal física en varios dominios espectrales. La señal física 16 puede pertenecer al espectro electromagnético, como el espectro ultravioleta, visible o infrarrojo.

Más particularmente, el emisor 14 del sensor 11 está configurado para emitir la señal física 16 en una sola longitud de onda  $\lambda_{ej}$  o alrededor de una sola longitud de onda  $\lambda_{ej}$ , para cada cuadro de nube de puntos PCFj.

Por “alrededor de una sola longitud de onda”, se entiende que aunque la señal física 16 se considera emitida en una sola longitud de onda, puede tener un cierto ancho o rango espectral alrededor de dicha longitud de onda única  $\lambda_{ej}$  inherente al emisor 14 utilizado.

Además, la secuencia continua ST puede comprender un primer cuadro de nube de puntos PCF1 generado en una primera longitud de onda  $\lambda_1$ , un segundo cuadro de nube de puntos PCF2 generado en una segunda longitud de onda  $\lambda_2$ , un tercer cuadro de nube de puntos PCF3 generado en una tercera longitud de onda  $\lambda_3$ , etc.

Según una realización, las longitudes de onda  $\lambda_{ej}$  de la señal física emitida 16 para cada cuadro de nube de puntos PCFj pueden ser todas diferentes o no.

Según una realización, las longitudes de onda  $\lambda_{ej}$  de la señal física emitida 16 para cada cuadro de nube de puntos PCFj pueden seleccionarse en un orden predeterminado.

Por ejemplo, la longitud de onda  $\lambda_{ej}$  de la señal física emitida 16 para un cuadro de nube de puntos PCFj puede elegirse de forma incremental en comparación con la longitud de onda  $\lambda_{ej-1}$  de la señal física emitida 16 para el cuadro de nube de puntos anterior PCFj-1.

Como variante, las longitudes de onda  $\lambda_{ej}$  de la señal física emitida 16 para cada cuadro de nube de puntos PCFj pueden seleccionarse de forma aleatoria.



El receptor 15 está configurado para recibir la señal física reflejada 17 para cada punto de datos  $M_i$  del cuadro de nube de puntos PCFj en un rango de longitudes de onda  $\Delta\lambda_r$ .

- 5 El rango de longitudes de onda  $\Delta\lambda_r$  de la señal física reflejada 17 puede, por ejemplo, estar comprendido entre 10 nm (nanómetros) y 250 nm.

La señal física reflejada 17 se puede recibir durante un intervalo de tiempo.

- 10 [A partir de las señales reflejadas 17 recibidas por el receptor 15, es posible determinar el valor de intensidad  $I_i$  asociado con las coordenadas  $(\phi_i, q_i, d_i)$  LCS de cada punto de datos  $M_i$  del cuadro de nube de puntos PCFj para una señal física 16 emitida en una longitud de onda dada  $\lambda_{ej}$ .

- 15 El valor de intensidad  $I_i$  puede corresponder a la amplitud máxima de la señal física reflejada recibida 17 o a la atenuación de la señal física 16 para una longitud de onda dada. Sin embargo, son posibles otros cálculos o medidas de los valores de intensidad.

- 20 Además, el valor de intensidad proporciona información sobre la respuesta de reflectividad en el punto de datos  $M_i$  para una señal física 16 emitida en la longitud de onda  $\lambda_{ej}$ .

- Dado que el sensor 11 está montado en un vehículo en movimiento 1, el entorno E que rodea al vehículo 1 cambia con el tiempo. Un cuadro de nube de puntos PCFj generado por un sensor 11 en un tiempo  $t_j$  comprende un escaneo completo de un volumen local  $L_j$  del sensor 11 que es diferente de, pero puede superponerse con, otro cuadro de nube de puntos PCFj+1 generado por el mismo sensor 11 en un tiempo diferente  $t_{j+1}$ , o generado por otro sensor 11.

- 25 Por ejemplo, como se ilustra en la Figura 2 y la Figura 4, las coordenadas  $(\phi_i, q_i, d_i)$  LCS de un punto de datos  $M_i$  en el sistema de coordenadas local LCS del sensor 11 serán diferentes al escanear un mismo punto de datos M dado en dos momentos diferentes  $t_j$ ,  $t_{j+1}$ .

- 30 Por lo tanto, es posible obtener diferentes valores de intensidad para un mismo objeto 20 cuando pertenece a diferentes cuadros de nube de puntos, cada cuadro de nube de puntos generado con señales físicas 16 emitidas en diferentes longitudes de onda  $\lambda_{ej}$ .

- 35 Sin embargo, es necesario asegurarse de que los valores de intensidad obtenidos con diferentes cuadros de nube de puntos correspondan de hecho al mismo objeto en movimiento 20.

- Por lo tanto, es necesario poder correlacionar los cuadros de nube de puntos PCFj, PCFj+1 generados en diferentes momentos  $t_j$ ,  $t_{j+1}$  por uno o varios sensores 11, y agregar los valores de intensidad  $I_i$  representativos de las señales reflejadas 17 del mismo objeto 20 para las señales físicas 16 emitidas en diferentes longitudes de onda  $\lambda_{ej}$ .

- 40 Objeto en movimiento

- El sistema 10 puede determinar que un conjunto de puntos de datos de un cuadro de nube de puntos, correspondiente a parte o la totalidad del objeto 20, se está moviendo en el entorno E.

- 45 Por ejemplo, el sistema 10 puede observar que un volumen local  $L_j$  del sensor 11, que estaba despejado de cualquier objeto en un tiempo  $t_j$  (y por lo tanto despejado de cualquier punto de datos), ahora comprende un conjunto de puntos de datos en otro tiempo  $t_{j+1}$ . El sistema deduce entonces que el objeto 20 observado en dicho volumen local  $L_j$  en el tiempo  $t_{j+1}$  es un objeto en movimiento que se ha movido entre los tiempos  $t_j$  y  $t_{j+1}$ .

- 50 Otros medios son posibles para determinar que un conjunto de puntos de datos corresponde a un objeto en movimiento 20. Para este fin, se puede utilizar el sistema 10. Alternativamente, se puede utilizar cualquier otro elemento externo, como otra fuente de luz, por ejemplo.

- 55 Unidad central de procesamiento

El sistema 10 comprende además una unidad central de procesamiento 12 conectada al sensor 11 o a la pluralidad de sensores 11.

- 60 La unidad central de procesamiento 12 puede integrarse dentro de los sensores 11 como una sola unidad o, alternativamente, puede ser una unidad distinta asegurada dentro de un vehículo 1. En algunas realizaciones, la unidad central de procesamiento 12 puede ser parte de la unidad de procesamiento del vehículo.

- 65 El vehículo puede operar un algoritmo de conducción autónoma o de asistencia a la conducción para conducir o ayudar a la conducción del vehículo 10, en particular utilizando la información proporcionada por el sistema 10. Para este fin,

el sistema 10 puede controlar varios actuadores 4 conectados a varios elementos del vehículo 5a, 5b, 5c, como el tren de transmisión, los frenos, etc.

5 La unidad central de procesamiento 12 puede comunicarse con los sensores 11 mediante comunicación inalámbrica, como comunicaciones de radio u ópticas, o mediante comunicaciones por cable, por ejemplo, si la unidad central de procesamiento 12 y el sensor 11 están montados en el mismo vehículo 1. La unidad central de procesamiento 12 puede comunicarse con los sensores 11 utilizando algún elemento intermediario, en particular para la comunicación de largo alcance.

10 La unidad central de procesamiento 12 está configurada para recibir continuamente la secuencia continua ST del sensor. 11

15 Por “recibir continuamente”, se entiende que cada vez que un sensor 11 ha generado un nuevo cuadro de nube de puntos o una secuencia corta de cuadros de nube de puntos, dicho cuadro de nube de puntos o secuencia corta se envía a la unidad central de procesamiento 12 mientras el vehículo está en movimiento.

La unidad central de procesamiento 12 almacena la secuencia continua en una memoria 13. La memoria 13 puede integrarse en la unidad central de procesamiento 12.

20 La unidad central de procesamiento 12 está configurada para determinar dinámicamente las coordenadas  $(\phi_i, q_i, d_i)$  GCS de cada punto de datos  $M_i$  de un cuadro de nube de puntos PCFj en un sistema de coordenadas global GCS del entorno E que rodea al vehículo 1.

25 El sistema de coordenadas global GCS puede, en particular, ser independiente del vehículo 1 y del movimiento del vehículo 1. El sistema de coordenadas global GCS puede, por ejemplo, relacionarse con un Marco de Referencia Terrestre Internacional (ITRF).

30 Alternativamente, el sistema de coordenadas global GCS también puede depender del marco de referencia local del vehículo 1, por ejemplo, al definirse a partir del sistema de coordenadas local LCS asociado a un sensor 11.

35 Por “determinar dinámicamente las coordenadas”, se entiende que la determinación de las coordenadas  $(\phi_i, q_i, d_i)$  GCS de cada punto de datos  $M_i$  de un cuadro de nube de puntos PCFj en el sistema de coordenadas global GCS se realiza mientras el vehículo 1 está en movimiento, ventajosamente antes de generar el siguiente cuadro de nube de puntos por el sensor 11.

La unidad central de procesamiento 12 está entonces configurada para determinar una respuesta de reflectividad 30 del objeto 20 e identificar la composición material del objeto 20 ubicado en el entorno E a partir de la respuesta de reflectividad 30.

40 Por “composición material”, se entiende la composición del material que forma el objeto 20 o la superficie del objeto 20.

45 Ejemplos no limitativos de composición material incluyen metal, plásticos, vidrio, piel, material vegetal, hielo, nieve, asfalto, cemento, agua, etc. Más generalmente, la composición material puede ser de cualquier objeto que se encuentre en el entorno E del vehículo 1.

Método para identificar la composición material

50 El método para identificar la composición material de objetos en un volumen o espacio tridimensional se describirá ahora con más detalle en relación con la Figura 7.

En un primer paso A, un cuadro de nube de puntos PCFj de una secuencia continua ST se genera emitiendo una señal física 16 en una longitud de onda dada  $\lambda_{ej}$ .

55 El cuadro de nube de puntos PCFj comprende un conjunto de puntos de datos  $M_i$ , en el sistema de coordenadas local LCS.

60 Un punto de datos  $M_i$  comprende coordenadas  $(\phi_i, q_i, d_i)$  LCS de un objeto 20 en un volumen local  $L_j$  en el tiempo  $t_j$  en un sistema de coordenadas local LCS.

El punto de datos  $M_i$  también comprende un valor de intensidad  $I_i$  representativo de la señal física 17 reflejada en el objeto 20.

65 En un segundo paso B, a partir del cuadro de nube de puntos PCFj, la unidad central de procesamiento 12 determina dinámicamente las coordenadas  $(\phi_i, q_i, d_i)$  GCS del punto de datos  $M_i$  del cuadro de nube de puntos PCFj en el sistema de coordenadas global GCS.

Para este fin, la unidad central de procesamiento 12 determina un cuadro de nube de puntos alineado PCFj,alineado en el sistema de coordenadas global GCS comparando el cuadro de nube de puntos PCFj con un mapa tridimensional acumulado global CM.

El mapa tridimensional acumulado global CM también se conoce a veces como un mapa tridimensional global, un mapa 3D global o un mapa 3D. Estas expresiones cubren el mismo concepto y la misma característica de la divulgación.

El mapa tridimensional acumulado global CM es un mapa del entorno E del vehículo 1 en el sistema de coordenadas global GCS.

Si el mapa tridimensional acumulado global CM del entorno aún no existe o no contiene datos, el segundo paso B comprende la operación de crear el mapa tridimensional acumulado global CM a partir del cuadro de nube de puntos PCFj.

Por ejemplo, el cuadro de nube de puntos PCFj puede ser el primer cuadro de nube de puntos recibido PCF1 de un sensor 11. Un sistema de coordenadas global GCS del entorno puede entonces, por ejemplo, definirse a partir del sistema de coordenadas local LCS asociado al sensor 11.

Alternativamente, si el mapa tridimensional acumulado global CM del entorno ya existe y contiene algunos datos, el segundo paso B comprende la operación de determinar un cuadro de nube de puntos alineado PCFj,alineado en el sistema de coordenadas global GCS del entorno E del vehículo.

La alineación puede realizarse, por ejemplo, utilizando el registro de imágenes o la localización y mapeo simultáneos (SLAM), como el método divulgado en el documento de patente WO2018/091651.

Según este método, la determinación de un cuadro de nube de puntos alineado PCFj,alineado se realiza comparando el cuadro de nube de puntos generado PCFj con el mapa tridimensional acumulado global CM del entorno E.

El cuadro de nube de puntos alineado PCFj,alineado puede calcularse solo a partir de las nubes de puntos generadas por el sensor o la pluralidad de sensores 11 y sin información de posicionamiento adicional.

Por “sin información de posicionamiento adicional”, se entiende en particular que el cálculo del cuadro de nube de puntos alineado PCFj,alineado no requiere otros datos de entrada que no sean los cuadros de nube de puntos generados por los sensores 11 y el mapa tridimensional acumulado global CM. Por ejemplo, no se requiere ningún elemento de posicionamiento u orientación adicional, como un GPS o un acelerómetro. Además, no se tiene que hacer ninguna suposición sobre la ubicación o el movimiento del sensor.

La unidad central de procesamiento 12 intenta alinear dicho cuadro de nube de puntos PCFj de modo que al menos una porción del cuadro de nube de puntos alineado coincida con al menos una porción del mapa tridimensional acumulado global CM.

Esto puede lograrse comparando dicho cuadro de nube de puntos PCFj con el mapa tridimensional acumulado global CM del entorno E.

El mapa tridimensional acumulado global CM se actualiza entonces fusionando dicho cuadro de nube de puntos alineado PCFj,alineado con el mapa tridimensional acumulado global CM.

Más precisamente, si el cuadro de nube de puntos PCFj puede alinearse con al menos una porción del mapa tridimensional acumulado global CM del entorno E, el cuadro de nube de puntos alineado PCFj,alineado se fusiona con dicha al menos una porción del mapa tridimensional acumulado global CM.

A partir del cuadro de nube de puntos alineado PCFj,alineado en el mapa tridimensional acumulado global CM, la unidad central de procesamiento puede determinar las coordenadas  $(\phi_i, q_i, d_i)$  GCS de los puntos de datos  $M_i$  del objeto en el sistema de coordenadas global GCS.

En un tercer paso C, la unidad central de procesamiento 12 almacena en la memoria 13 el valor de intensidad  $I_i$  y las coordenadas  $(\phi_i, q_i, d_i)$  GCS del punto de datos  $M_i$  en el sistema de coordenadas global GCS.

Al alinear el cuadro de nube de puntos subsiguiente con el mapa tridimensional acumulado global CM del entorno E, una porción de los puntos de datos del cuadro de nube de puntos alineado puede coincidir con el mapa tridimensional acumulado global CM. Esta porción de los puntos de datos corresponde a una parte del entorno E que no se ha movido con el tiempo (como el mapeo de edificios, carreteras, etc.).

Sin embargo, el conjunto de puntos de datos correspondientes al objeto 20 no puede coincidir con el mapa tridimensional acumulado global CM. Esto se debe al hecho de que el mapa tridimensional acumulado global CM se creó a partir de cuadros de nube de puntos anteriores cuando el objeto en movimiento no estaba presente, o estaba ubicado en otro lugar, en el entorno E.

Por lo tanto, el conjunto de puntos de datos correspondientes al objeto 20 no se puede alinear con los puntos de datos del resto del entorno E.

Por lo tanto, es posible identificar en un paso D qué conjunto de puntos de datos para cada cuadro de nube de puntos corresponde de hecho al objeto en movimiento 20.

Al hacer esto para cada cuadro de nube de puntos, el sistema 10 puede entonces determinar las coordenadas  $(\phi_i, q_i, d_i)$  GCS del conjunto de puntos de datos  $M_i$  del objeto 20 en el sistema de coordenadas global GCS en un momento dado. Por lo tanto, es posible conocer la ubicación y/u orientación del objeto 20 en diferentes momentos para los respectivos cuadros de nube de puntos.

A partir de estas ubicaciones y/u orientaciones, es posible derivar nueva información cinemática sobre el objeto 20, como su trayectoria, su velocidad, etc.

Los pasos A a D se repiten con uno de los sensores 11 generando un segundo cuadro de nube de puntos de una secuencia continua emitiendo la señal física en una segunda longitud de onda  $\lambda_j + 1$ .

Más precisamente, los pasos A a D se pueden repetir varias veces, y más particularmente más de dos veces, de modo que se generen varios cuadros de nube de puntos emitiendo la señal física en varias otras longitudes de onda.

Algunos de los cuadros de nube de puntos subsiguientes pueden ser emitidos por los mismos sensores o por varios sensores.

Dado el hecho de que los pasos A a D se repiten, al menos dos, y preferiblemente un número mayor de valores de intensidad, se pueden asociar al mismo objeto 20 en el sistema de coordenadas global GCS.

Si los cuadros de nube de puntos son emitidos por varios sensores, las longitudes de onda de las señales físicas emitidas correspondientes pueden pertenecer a diferentes dominios espectrales, lo que puede ser útil para adquirir valores de intensidad para varios tipos de señales físicas (infrarrojo, luz visible, ultravioleta, etc.).

Además, en un paso E, la unidad central de procesamiento 12 determina la respuesta de reflectividad 30 del objeto 20 a partir de los valores de intensidad adquiridos para el objeto 20 con cada cuadro de nube de puntos PCFj.

Como se ilustra en la Figura 5, la respuesta de reflectividad 30 se obtiene agregando los valores de intensidad I adquiridos en varias longitudes de onda diferentes  $\lambda_{ej}$ .

Más precisamente, en el ejemplo de la Figura 5, la respuesta de reflectividad 30 se obtiene de las señales físicas reflejadas 171, 172, 173, 174, 175 correspondientes a las señales físicas emitidas en varias longitudes de onda diferentes  $\lambda_{e1}$ ,  $\lambda_{e2}$ ,  $\lambda_{e3}$ ,  $\lambda_{e4}$ ,  $\lambda_{e5}$  una vez reflejadas en el objeto 20. A partir de estas señales físicas reflejadas 171, 172, 173, 174, 175, se pueden obtener valores de intensidad I1, I2, I3, I4, I5, como el valor de amplitud máxima.

En un paso F, la unidad central de procesamiento 12 identifica la composición material del objeto 20.

En este paso F, la respuesta de reflectividad 30 se puede comparar entonces con las respuestas de reflectividad de referencia de materiales conocidos almacenados en una biblioteca. La biblioteca se puede almacenar en la memoria 13 de la unidad central de procesamiento 12.

Método para la reconstrucción 3D del objeto en movimiento

A medida que el objeto 20 se mueve con relación al vehículo 1, uno o varios sensores 11 del vehículo 1 pueden adquirir conjuntos de puntos de datos del objeto 20 según diferentes ángulos de visión. Varios cuadros de nube de puntos PCFj permiten obtener estos diferentes ángulos de visión.

Como ejemplo, la Figura 6 ilustra un automóvil 20 que se mueve con relación al vehículo 1. Por lo tanto, el vehículo 1 puede adquirir diferentes conjuntos de puntos de datos del automóvil 20 para diferentes cuadros de nube de puntos en diferentes momentos (dos cuadros de nube de puntos se ilustran con el automóvil 20 y el vehículo 1 respectivamente en líneas continuas y en líneas de puntos en la Figura 6).

Al adquirir puntos de datos del objeto 20 según diferentes vistas, es posible obtener una reconstrucción tridimensional (3D) parcial, o incluso total, del objeto 20.

La reconstrucción 3D puede ser útil para obtener información o características más detalladas sobre el objeto 20.

Dicha información de reconstrucción 3D se puede combinar o comparar con la composición material del objeto 20 obtenida gracias al método descrito anteriormente.

Como ejemplo, si la reconstrucción 3D del objeto 20 permite determinar que el objeto es un automóvil, se puede esperar que la carrocería de este automóvil esté hecha principalmente de metal. A continuación, se puede comprobar si esta información es coherente con la composición material obtenida a partir de la respuesta de reflectividad del objeto.

Del mismo modo, la información adicional puede ser útil para discriminar entre las diferentes partes del objeto: los neumáticos, la carrocería, las ventanas y similares, cuando se trata de un automóvil.

#### Ventajas

Gracias a lo anterior, es posible obtener el material de composición de un objeto 20 aunque el vehículo 1 se esté moviendo con relación al objeto 20 durante la implementación del método. Esto permite un procesamiento multiplexado en el tiempo, en tiempo real y eficiente de la reflexión de señales físicas multiespectrales.

Esto se hace posible incluso aunque el objeto se esté moviendo, porque el método según la presente divulgación permite determinar la ubicación del objeto en un mapa acumulado global en diferentes momentos (cada momento correspondiente a la generación de un cuadro de nube de puntos).

El método se puede implementar incluso aunque se desconozcan las posiciones y orientaciones relativas entre los sensores.

El vehículo 1 puede implementar el método en cualquier condición de conducción conocida, por ejemplo, durante el día o la noche, en diversas condiciones climáticas, en diversas condiciones de la carretera, etc.

Como se indicó anteriormente, el marco temporal de los cuadros de nube de puntos es determinado y/o gestionado por la unidad central de procesamiento 13. De esta manera, no es necesario comunicarse con un servidor remoto, por ejemplo, que estaría ubicado fuera del vehículo 1.

Además, las señales físicas sucesivas emitidas por el sensor 11 para los respectivos cuadros de nube de puntos se pueden seleccionar aleatoriamente.

Una selección aleatoria permite evitar cualquier interferencia con otras señales físicas 16 que podrían ser emitidas por otros vehículos o dispositivos en el entorno E. Por lo tanto, el sistema 10 es más seguro y robusto contra las señales falsas que podrían socavar la seguridad e integridad del vehículo, por ejemplo.

Como variante, la señal física sucesiva 16 emitida por el sensor 11 para los respectivos cuadros de nube de puntos se puede seleccionar en un orden predeterminado.

Por ejemplo, la longitud de onda de la señal física emitida 16 para un cuadro de nube de puntos puede depender de la señal física reflejada 17 adquirida para un cuadro de nube de puntos anterior. Como ejemplo, si la respuesta reflejada 17 adquirida para el cuadro de nube de puntos anterior es característica de un objeto hecho de papel o tela, la longitud de onda de la señal física emitida 16 para el cuadro de nube de puntos debe seleccionarse para discriminar específicamente entre estos dos materiales.

Más generalmente, las longitudes de onda de las señales emitidas sucesivas 16 se pueden seleccionar para converger hacia un umbral de probabilidad por encima del cual se considera determinada la composición material del objeto 20. Tal convergencia se puede implementar utilizando cualquier método de clasificación, como un árbol de decisión.

Como entenderán bien los expertos en la materia, los diversos pasos y procesos discutidos aquí para describir la divulgación pueden referirse a operaciones realizadas por un ordenador, un procesador u otro elemento de cálculo electrónico que manipulan y/o transforman datos utilizando fenómenos eléctricos. Esos ordenadores y elementos electrónicos pueden emplear varias memorias volátiles y/o no volátiles, incluido un medio legible por ordenador no transitorio con un programa ejecutable almacenado en él que incluye varios códigos o instrucciones ejecutables capaces de ser ejecutadas por el ordenador o el procesador, donde la memoria y/o el medio legible por ordenador pueden incluir todas las formas y tipos de memoria y otros medios legibles por ordenador.

La discusión anterior divulgó y describe meramente realizaciones ejemplares de la presente divulgación. Una persona experta en la materia reconocerá fácilmente a partir de dicha discusión y de los dibujos y reivindicaciones adjuntos que se pueden realizar varios cambios, modificaciones y variaciones en los mismos sin apartarse del espíritu y el alcance de la divulgación tal como se define en las siguientes reivindicaciones.

# REIVINDICACIONES

1. Un método para identificar un material de composición de un objeto (20) ubicado en un entorno (E) que rodea al menos un dispositivo (1), el objeto (20) moviéndose con relación al dispositivo (1), en el que al menos un sensor (11) está montado en el dispositivo (1) y se comunica con al menos una unidad central de procesamiento (12), en el que:

/A/ el sensor (11) genera un cuadro de nube de puntos (PCFj) de una secuencia continua (ST) emitiendo una señal física (16) en una primera longitud de onda ( $\lambda_{ej}$ ) de una pluralidad de longitudes de onda diferentes, en el que el cuadro de nube de puntos (PCFj) comprende un conjunto de puntos de datos (Mi), al menos un punto de datos (Mi) que comprende coordenadas ( $\phi_i, q_i, d_i$ ) LCS del objeto (20) en un volumen local (Lj) que rodea al sensor (11) en el tiempo  $t_j$  en un sistema de coordenadas local (CS) del sensor (11), dicho punto de datos (Mi) que también comprende un valor de intensidad ( $I_i$ ) de una señal física reflejada (17) correspondiente a la señal física emitida (16) una vez reflejada en el objeto (20),

/B/ la unidad central de procesamiento (12) recibe el cuadro de nube de puntos (PCFj) y determina las coordenadas ( $\phi_i, q_i, d_i$ ) GCS de cada punto de datos (Mi) del cuadro de nube de puntos (PCFj) en un sistema de coordenadas global (GCS) del entorno (E) que rodea al dispositivo (1), el valor de intensidad ( $I_i$ ) que se asocia con las coordenadas ( $\phi_i, q_i, d_i$ ) GCS de cada punto de datos (Mi) en el sistema de coordenadas global (GCS),

/C/ la unidad central de procesamiento (12) determina las coordenadas ( $\phi_i, q_i, d_i$ ) GCS del objeto (20) en el tiempo  $t_j$  en el sistema de coordenadas global (GCS),

/D/ la unidad central de procesamiento (12) almacena en una memoria (13) las coordenadas ( $\phi_i, q_i, d_i$ ) GCS del objeto (20) en el sistema de coordenadas global (GCS) en el tiempo  $t_j$ ,

- los pasos /A/ a /D/ se repiten con el sensor (11) u otro sensor (11) generando otro cuadro de nube de puntos (PCFj+1) emitiendo otra señal física en una segunda longitud de onda ( $\lambda_{ej+1}$ ) de la pluralidad de longitudes de onda diferentes, en el tiempo  $t_{j+1}$ , de modo que al menos dos valores de intensidad ( $I_{i,j}$ ,  $I_{i,j+1}$ ) se asocian a las coordenadas ( $\phi_i, q_i, d_i$ ) GCS del objeto (20) en el sistema de coordenadas global (GCS) en dos tiempos diferentes ( $t_j$ ,  $t_{j+1}$ ),

/E/ la unidad central de procesamiento (12) determina una respuesta de reflectividad (30) del objeto (20) a partir de los al menos dos valores de intensidad ( $I_{i,j}$ ,  $I_{i,j+1}$ ), y

/F/ la unidad central de procesamiento (12) identifica el material de composición del objeto (20) comparando la respuesta de reflectividad (30) determinada en el paso /E/ con las respuestas de reflectividad de referencia de materiales conocidos almacenados en una biblioteca, y en el que la unidad central de procesamiento (12) determina las coordenadas ( $\phi_i, q_i, d_i$ ) GCS del objeto (20) en el tiempo  $t_j$  en un sistema de coordenadas global (GCS) mediante:

- la comparación del cuadro de nube de puntos (PCFj) con un mapa tridimensional acumulado global (CM) del entorno (E) para determinar un cuadro de nube de puntos alineado (PCFj, alineado) en el sistema de coordenadas global (GCS), y
- la identificación de un conjunto de puntos de datos del cuadro de nube de puntos (PCFj) que no se pueden alinear en el sistema de coordenadas global (GCS), de modo que este conjunto de puntos de datos corresponde al objeto en movimiento (20).

2. Método según la reivindicación 1, en el que la unidad central de procesamiento (12) determina las coordenadas ( $\phi_i, q_i, d_i$ ) GCS de cada punto de datos (Mi) del cuadro de nube de puntos (PCFj) en el sistema de coordenadas global (GCS) del entorno (E) que rodea al dispositivo (1) mediante:

- la comparación del cuadro de nube de puntos (PCFj) con un mapa tridimensional acumulado global (CM) del entorno (E) para determinar un cuadro de nube de puntos alineado (PCFj, alineado) en el sistema de coordenadas global (GCS), y
- la actualización del mapa tridimensional acumulado global fusionando el cuadro de nube de puntos alineado (PCFj, alineado) con el mapa tridimensional acumulado global (CM).

3. Método según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que también comprende un paso adicional de obtención de una reconstrucción tridimensional del objeto (20) a partir de las coordenadas ( $\phi_i, q_i, d_i$ ) GCS del objeto (20) en el sistema de coordenadas global (GCS) y generado al menos dos tiempos diferentes ( $t_j$ ,  $t_{j+1}$ ),

4. El método según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el sensor (11) comprende al menos un emisor (14) y al menos un receptor (15), el emisor (14) configurado para emitir una señal física y el receptor (15) configurado para recibir la señal física emitida (16) una vez reflejada en el objeto (20).

5. El método según la reivindicación 4, en el que el sensor (11) comprende el emisor (14) y el receptor (15) como una sola unidad.
- 5 6. El método según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que las longitudes de onda de las señales físicas emitidas (16), entre la pluralidad de longitudes de onda diferentes, para los cuadros de nube de puntos (PCFj) se seleccionan de forma aleatoria.
- 10 7. El método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que las longitudes de onda de las señales físicas emitidas (16), entre la pluralidad de longitudes de onda diferentes, para los cuadros de nube de puntos (PCFj) se seleccionan en un orden predeterminado.
- 15 8. El método según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el dispositivo (1) comprende una pluralidad de sensores (11), en el que los sensores (11) pueden generar respectivamente un cuadro de nube de puntos (PCFj) emitiendo una señal física (16) en una longitud de onda comprendida en diferentes dominios espectrales.
- 20 9. El método según la reivindicación 8, en el que los sensores se comunican de forma inalámbrica con la unidad central de procesamiento (12).
- 25 10. El método según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que un cuadro de nube de puntos (PCFj) corresponde a un escaneo completo del volumen local (Lj) del sensor (11).
- 30 11. El método según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que las coordenadas ( $\phi_i, q_i, d_i$ ) LCS del objeto (20) en el sistema de coordenadas local (LCS) del sensor (11) comprenden dos coordenadas angulares ( $\theta_i, \phi_i$ ) y una coordenada radial ( $d_i$ ).
- 35 12. El método según la reivindicación 11, en el que la coordenada radial (d) corresponde a la distancia desde el sensor (11) al punto de datos ( $M_i$ ), la distancia ( $d_i$ ) que se calcula comparando la temporización de la señal física emitida (16) y la señal física reflejada (17).
- 40 13. El método según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que los pasos /A/ a /D/ se repiten al menos cuatro veces, de modo que al menos cuatro valores de intensidad ( $I_{i,j}, I_{i,j+1}$ ) se asocian a las coordenadas ( $\phi_i, q_i, d_i$ ) GCS del objeto (20) en el sistema de coordenadas global (GCS).
- 45 14. El método según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la señal física (16) es una señal láser.
- 50 15. El método según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el dispositivo (1) es un vehículo capaz de moverse en el entorno (E).
- 55 16. Un sistema (10) para identificar el material de composición de un objeto (20) ubicado en un entorno (E) que rodea al menos un dispositivo (1), el objeto (20) moviéndose con relación al dispositivo (1), el sistema que comprende (10):
  - una pluralidad de sensores (11) configurados para montarse en dicho al menos un dispositivo (1), cada sensor (11i) configurado para generar una secuencia continua (ST) de cuadros de nube de puntos (PCFj), en paralelo y asincrónicamente con los otros sensores (11), emitiendo una señal física en una longitud de onda ( $\lambda_{ej}$ ) entre una pluralidad de longitudes de onda diferentes, en el que el cuadro de nube de puntos (PCFj) comprende un conjunto de puntos de datos ( $M_i$ ), cada punto de datos ( $M_i$ ) que comprende coordenadas ( $\phi_i, q_i, d_i$ ) LCS del objeto (20) en un volumen local (Lj) del entorno que rodea al sensor (11) en el tiempo  $t_j$  en un sistema de coordenadas local (CS) del sensor (11), cada punto de datos ( $M_i$ ) que también comprende un valor de intensidad ( $I_i$ ) de una señal física reflejada (17) correspondiente a la señal física emitida (16) una vez reflejada en el objeto (20),
  - una unidad central de procesamiento (12) configurada para comunicarse con cada sensor (11) para recibir continuamente las secuencias continuas (ST) de los sensores (11), determinar las coordenadas ( $\phi_i, q_i, d_i$ ) GCS de cada punto de datos ( $M_i$ ) del cuadro de nube de puntos (PCFj) en un sistema de coordenadas global (GCS) del entorno (E) que rodea al dispositivo (1), determinar las coordenadas ( $\phi_i, q_i, d_i$ ) GCS del objeto (20) en el sistema de coordenadas global (GCS) en el tiempo  $t_j$ , y almacenar en una memoria (13) el valor de intensidad ( $I_i$ ) y las coordenadas ( $\phi_i, q_i, d_i$ ) GCS en el sistema de coordenadas global (GCS),
- 60 la unidad central de procesamiento configurada para determinar una respuesta de reflectividad del objeto (20) a partir de los valores de intensidad e identificar el material de composición del objeto (20) comparando la respuesta de reflectividad (30) con
- 65

respuestas de reflectividad de referencia de materiales conocidos almacenados en una biblioteca,

y para determinar las coordenadas  $(\phi_i, q_i, d_i)$  GCS del objeto (20) en el tiempo  $t_j$  en un sistema de coordenadas global (GCS) mediante:

- 5
  - la comparación del cuadro de nube de puntos (PCFj) con un mapa tridimensional acumulado global (CM) del entorno (E) para determinar un cuadro de nube de puntos alineado (PCFj, alineado) en el sistema de coordenadas global (GCS), y
- 10
  - la identificación de un conjunto de puntos de datos del cuadro de nube de puntos (PCFj) que no se pueden alinear en el sistema de coordenadas global (GCS), de modo que este conjunto de puntos de datos corresponde al objeto en movimiento (20).

- 15 17. Un vehículo autónomo o semiautónomo (10) que comprende un sistema (10) según la reivindicación 16.
- 18. Un medio de almacenamiento legible por ordenador no transitorio, que tiene almacenado en él un programa de ordenador que comprende instrucciones de programa, el programa de ordenador cargable en una unidad central de procesamiento (12) del sistema (10) según la reivindicación 16 y configurado para hacer que la
- 20 unidad central de procesamiento (12) lleve a cabo los pasos de un método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 15, cuando el programa de ordenador es ejecutado por la unidad central de procesamiento (12).



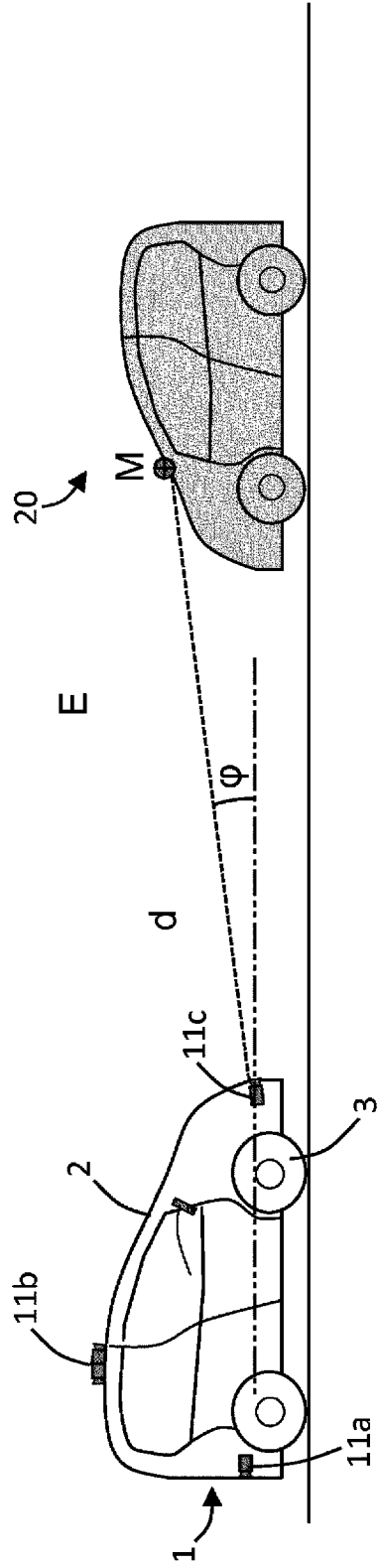


Figura 1

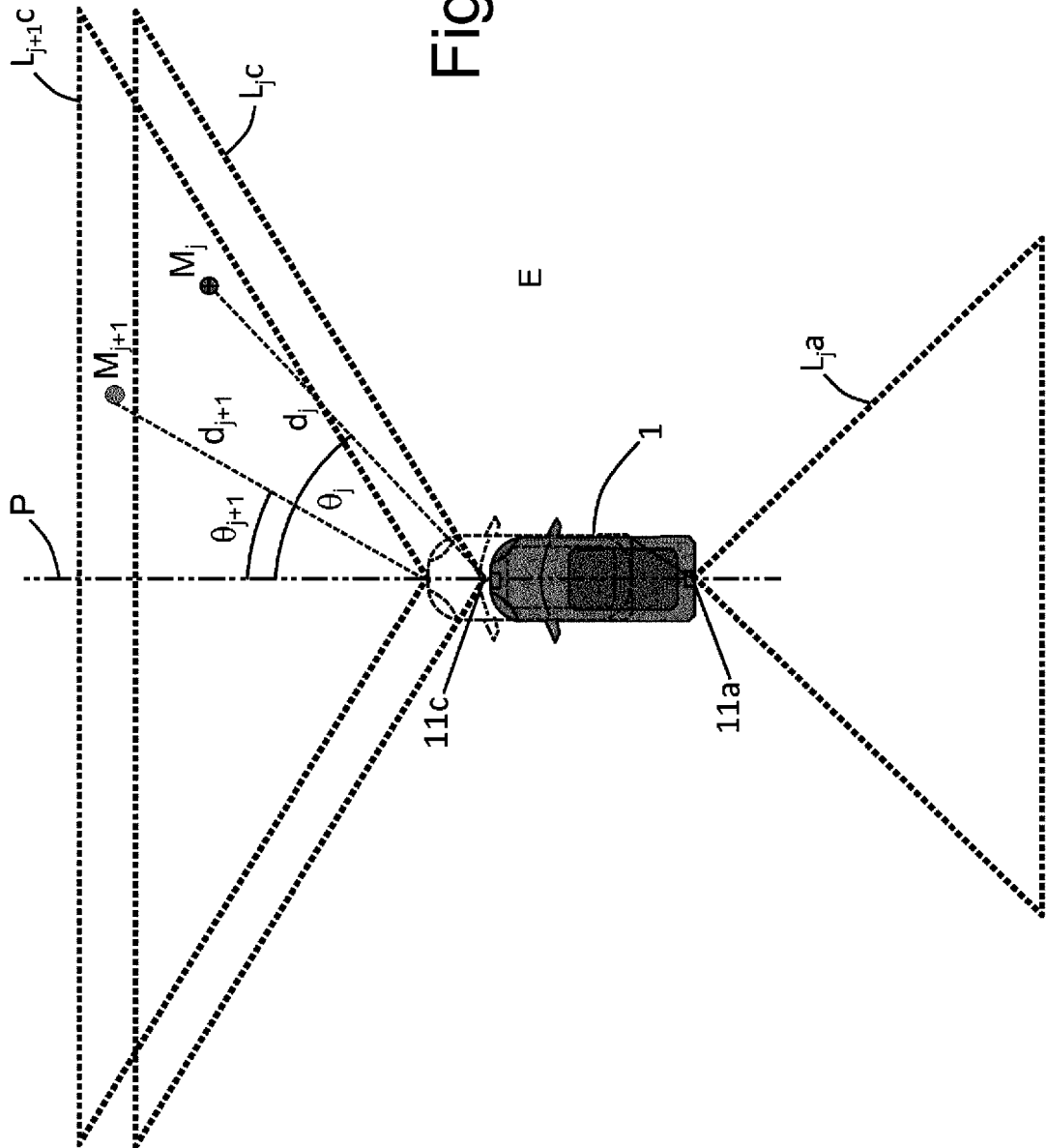


Figura 2

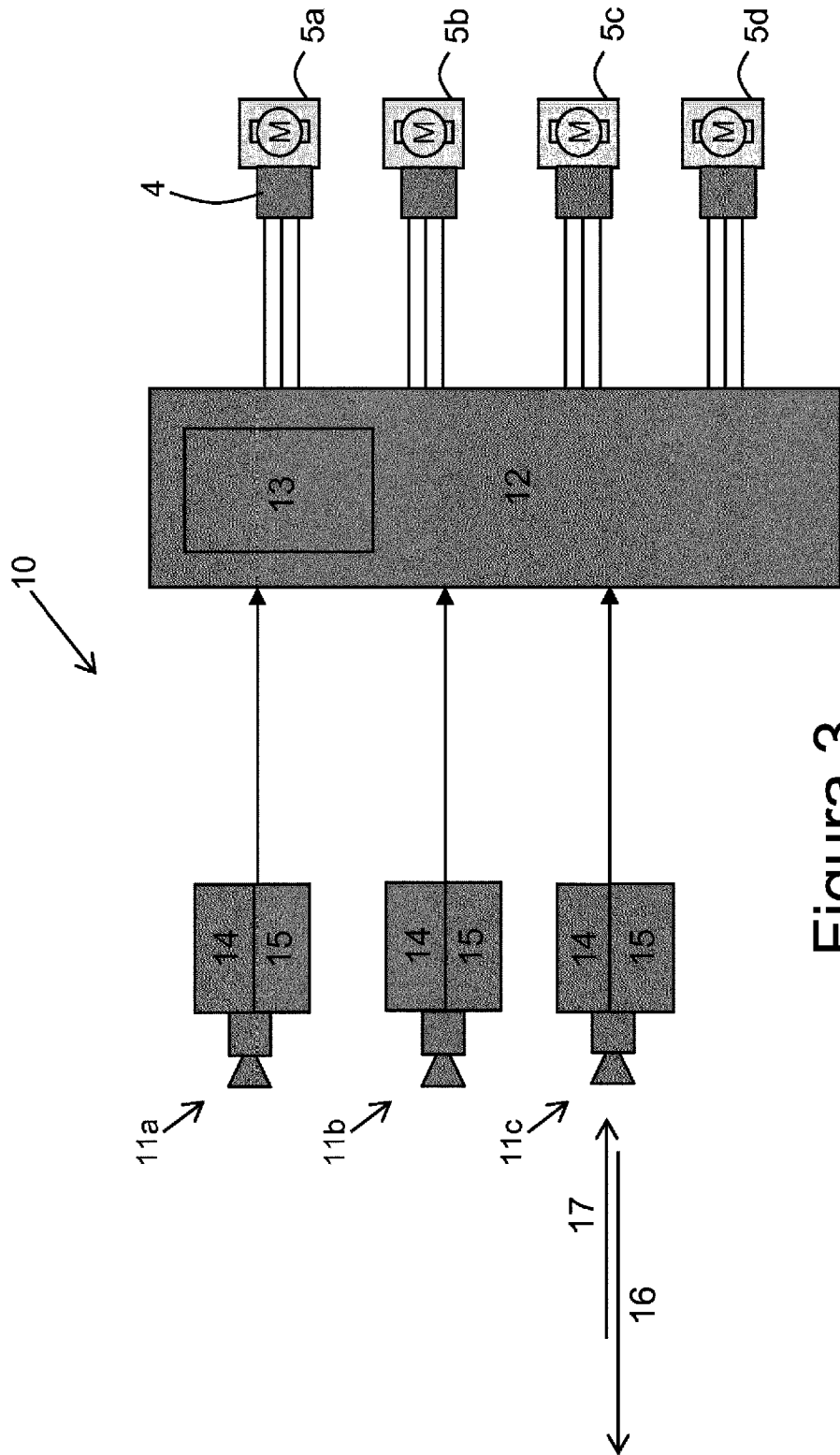


Figura 3

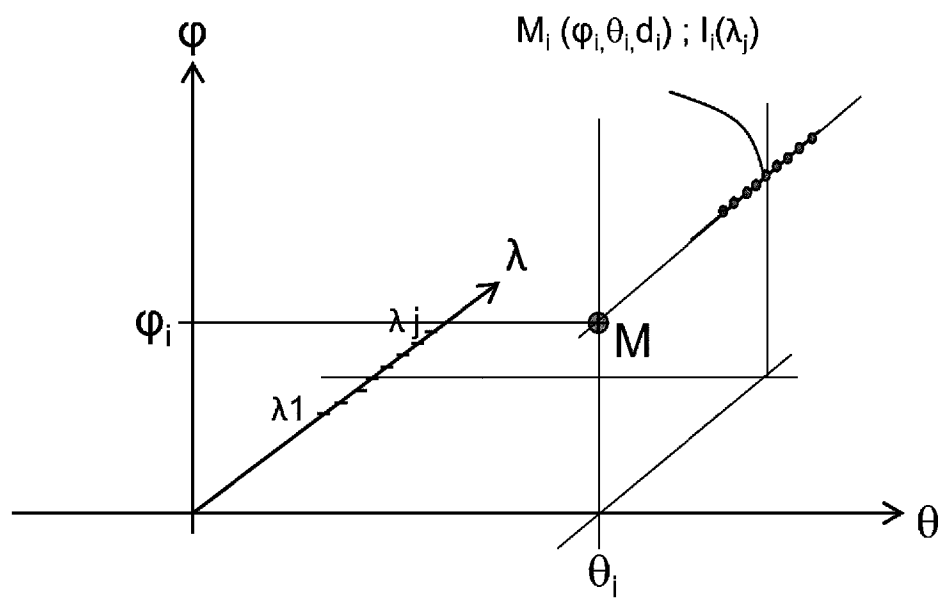


Figura 4

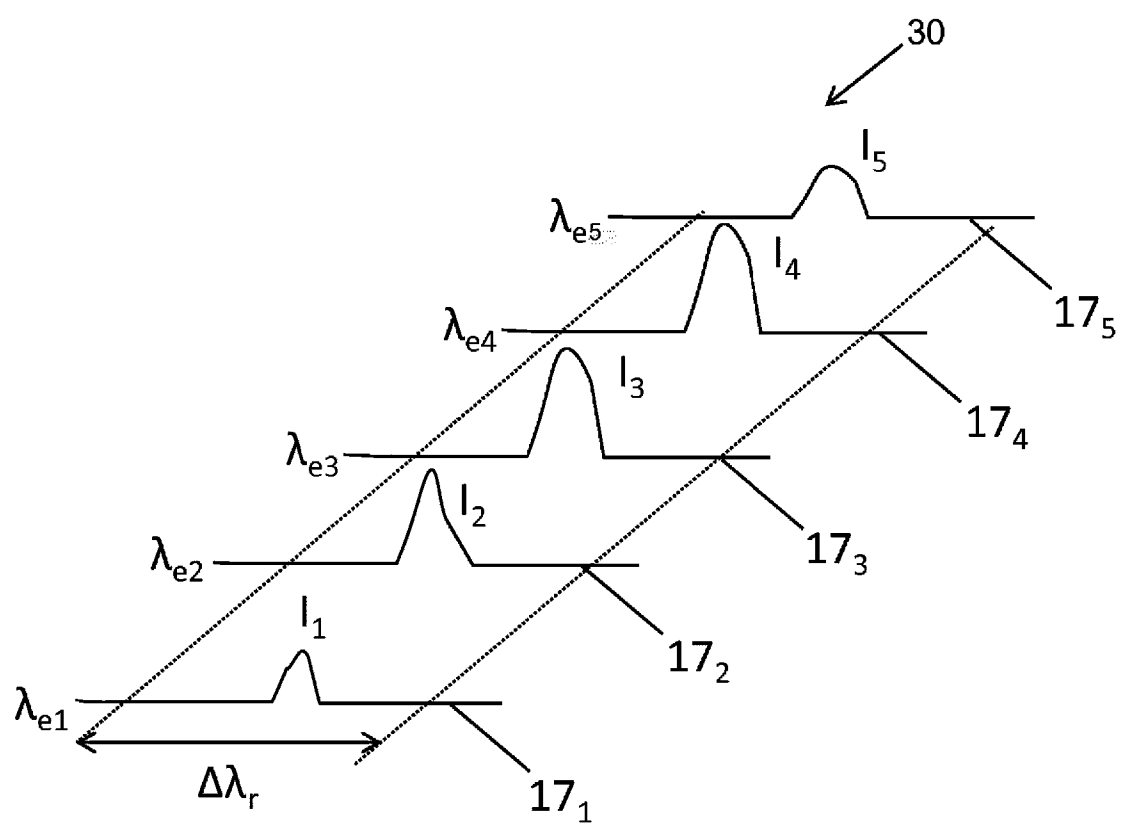


Figura 5

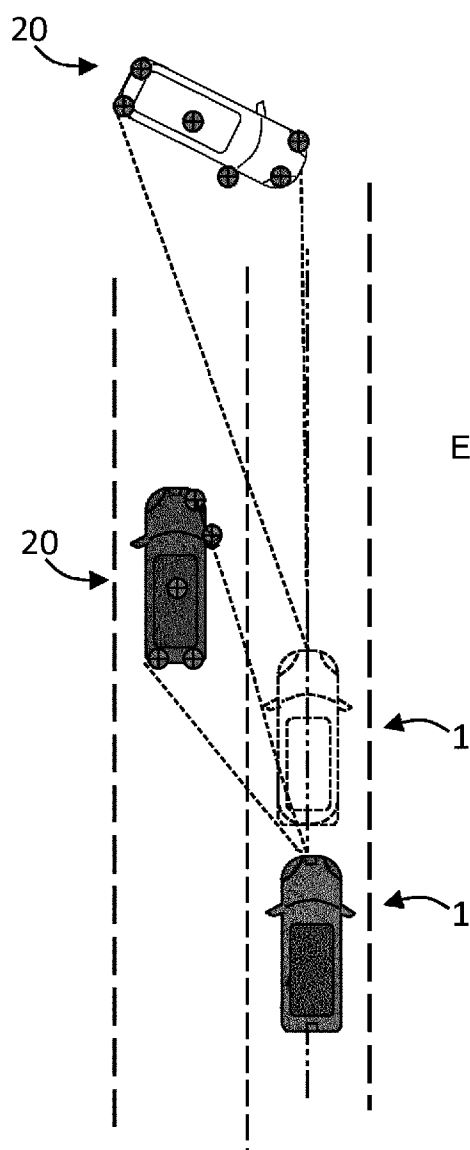


Figura 6

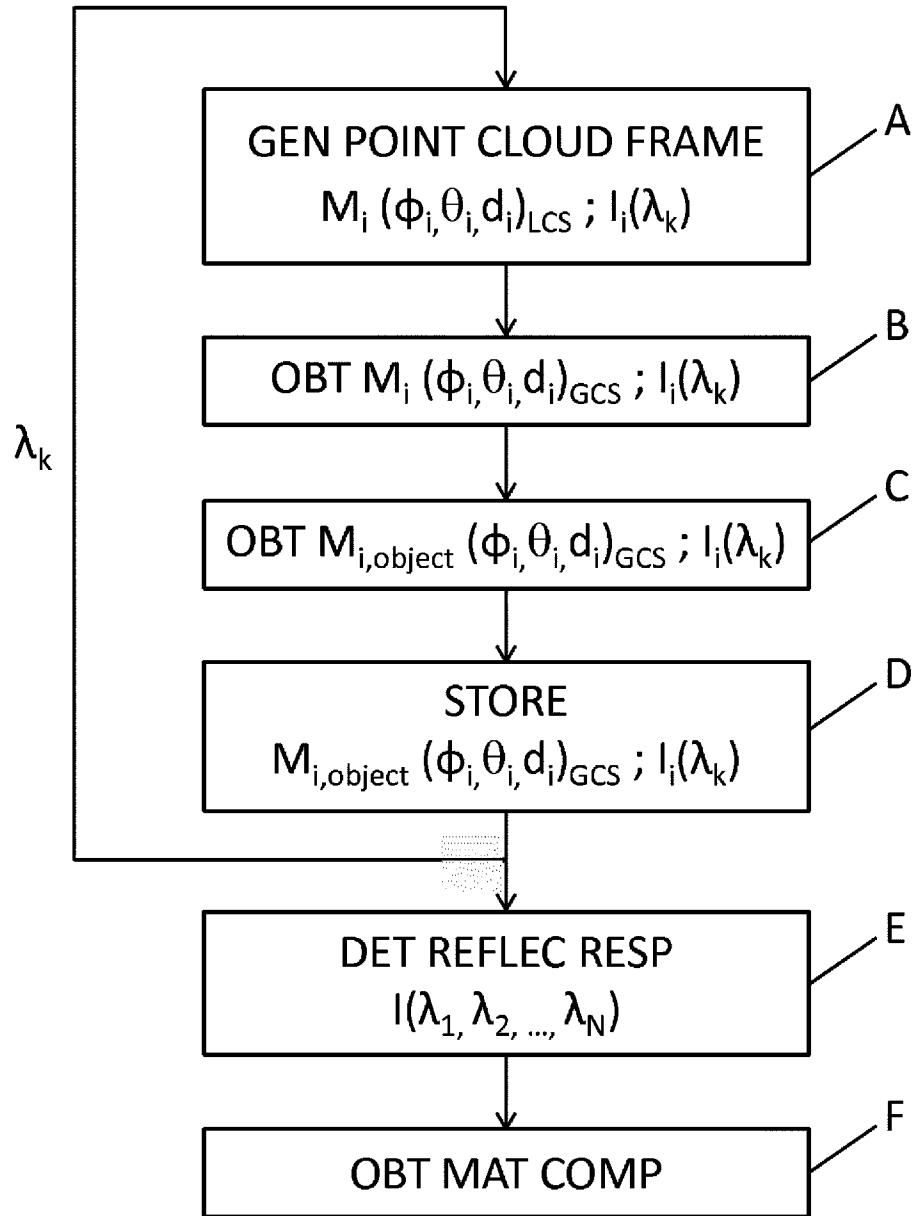


Figura 7