

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 805 627**

51 Int. Cl.:

**B61L 23/04** (2006.01)

**B61L 27/00** (2006.01)

**G06K 9/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **01.03.2017 PCT/EP2017/054757**

87 Fecha y número de publicación internacional: **05.10.2017 WO17167528**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.03.2017 E 17709023 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.04.2020 EP 3414142**

54 Título: **Procedimiento y sistema para la validación de un sistema de identificación de obstáculos**

30 Prioridad:

**31.03.2016 DE 102016205392**

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

**15.02.2021**

73 Titular/es:

**SIEMENS MOBILITY GMBH (100.0%)  
Otto-Hahn-Ring 6  
81739 München, DE**

72 Inventor/es:

**BRABAND, JENS y  
EVERS, BERNHARD**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

ES 2 805 627 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**

Procedimiento y sistema para la validación de un sistema de identificación de obstáculos

En la conducción autónoma en rutas caracterizadas por tráfico mixto, que son utilizadas por trenes de carga y trenes de alta velocidad (rutas principales), la identificación de obstáculos resulta de gran importancia.

5 Se conocen sistemas de identificación de obstáculos con una disposición de identificación de obstáculos del lado del vehículo y/o una disposición de identificación de obstáculos del lado de la vía.

La presente invención hace referencia a un procedimiento y a un sistema para la validación de un sistema de identificación de obstáculos.

10 Por la solicitud EP 2 546 778 A2 se conoce un procedimiento para evaluar la funcionalidad de un dispositivo de detección de objetos de un vehículo a motor mediante un dispositivo simulador de cámara. Allí, los datos de imagen de referencia generados por una cámara se comparan con los datos de imagen de simulación generados por el dispositivo simulador de cámara. Cuando una totalidad de los valores de comparación que fueron generados como resultado de esta comparación cumple un criterio de verificación predeterminado, el dispositivo simulador de cámara está disponible eventualmente para el uso en la evaluación de la funcionalidad del dispositivo de identificación de objetos. Por dicha solicitud también se conoce un dispositivo para la verificación de la cualificación de un dispositivo simulador de cámara para el uso en una evaluación de la capacidad de funcionamiento de un dispositivo de detección de objetos de un vehículo a motor.

15 El objeto de la presente invención consiste en diseñar un procedimiento y un sistema para la validación de un sistema de identificación de obstáculos de tal manera que se pueda demostrar que los obstáculos son identificados por el sistema de identificación de obstáculos al menos tan fiablemente como por un conductor.

20 Dicho objeto se resuelve con un procedimiento según la reivindicación 1, en el cual, para la conformación de escenas de conducción se proporcionan combinaciones estocásticas de distribuciones predefinidas de submodelos; las combinaciones proporcionadas están sujetas, por un lado, a una simulación a través de un simulador para la ejecución de un estudio de simulación y, por otro lado, al procesamiento automático a través de un algoritmo de identificación de obstáculos del sistema de identificación de obstáculos; y se prueba automáticamente la coincidencia de un resultado de un estudio de simulación realizado mediante el simulador y de un resultado del procesamiento automático.

25 Dicho objeto también se resuelve mediante un sistema según la reivindicación 9, el cual está diseñado adecuadamente para proporcionar combinaciones estocásticas de distribuciones predefinidas de submodelos para la conformación de escenas de conducción; someter las combinaciones proporcionadas, por un lado, a una simulación a través de un simulador para la ejecución de un estudio de simulación y, por otro lado, al procesamiento automático a través de un algoritmo de identificación de obstáculos del sistema de identificación de obstáculos; y para probar automáticamente la coincidencia de un resultado de un estudio de simulación realizado mediante el simulador y de un resultado del procesamiento automático.

30 La ventaja del procedimiento conforme a la invención y del sistema conforme a la invención consiste en la automatización de la validación mediante la combinación de los diferentes submodelos así como la comparación automática del resultado del estudio de simulación con el resultado del procesamiento automático a través del algoritmo de identificación de obstáculos (es decir, con un resultado de validación técnica o en mejoras necesarias del algoritmo de identificación de obstáculos con otros resultados de validación técnica). Esto permite acotar considerablemente la validación o reducir significativamente el esfuerzo de validación.

35 Según el procedimiento, se considera ventajoso cuando los submodelos se combinan de manera estocástica en un modelo combinado y las combinaciones estocásticas son proporcionadas por el modelo combinado. - Por lo tanto, es ventajoso proporcionar un modelo combinado en el cual los submodelos se combinen de manera estocástica y que esté diseñado adecuadamente para proporcionar las combinaciones estocásticas.

40 De acuerdo con el procedimiento, también se considera ventajoso cuando en la simulación, las escenas de conducción se representan gráficamente por el simulador, en particular, como una realidad virtual. En correspondencia, resulta ventajoso según el sistema cuando el simulador está diseñado adecuadamente para representar gráficamente las escenas de conducción durante la simulación, en particular, como una realidad virtual.

45 De acuerdo con el procedimiento también se considera ventajoso cuando como resultado del estudio de simulación, en el cual los submodelos y/o el modelo combinado son validados y aplicados mediante simulaciones de conducción realizadas en el simulador por personas de prueba, en particular, conductores de vehículos de tracción, se emite un primer resultado que representa la capacidad de identificación de obstáculos de las personas de prueba - es decir,

cuando el sistema está diseñado adecuadamente para generar un primer resultado que represente la capacidad de identificación de obstáculos de las personas de prueba como resultado del estudio de simulación, en el cual los submodelos y/o el modelo combinado se validan y aplican mediante simulaciones de conducción realizadas en el simulador por personas de prueba, en particular, por conductores de vehículos de tracción.

5 También se considera ventajoso de acuerdo con el procedimiento cuando como resultado del procesamiento automático, se emite un segundo resultado que representa la capacidad de identificación de obstáculos del algoritmo de identificación de obstáculos - es decir, cuando el sistema está diseñado adecuadamente para emitir un segundo resultado que represente la capacidad de identificación de obstáculos del algoritmo de identificación de obstáculos.

10 De manera preferida, como submodelos se utilizan un modelo de ruta, un modelo de clima y de medio ambiente y un modelo de obstáculos.

Además resulta ventajoso cuando otras distribuciones predefinidas de otro submodelo están sujetas al procesamiento automático a través del algoritmo de identificación de obstáculos. Como el otro submodelo se puede utilizar un modelo para la capacidad de rendimiento de los sensores del sistema de identificación de obstáculos.

A continuación, la presente invención se explica en detalle mediante las figuras. Ellas muestran:

15 Figura 1: un modelo combinado en el cual los submodelos están combinados de manera estocástica.

Figura 2: un sistema conforme a la invención para la validación de un sistema de identificación de obstáculos con un simulador y con un dispositivo de validación que proporciona un algoritmo de identificación de obstáculos del sistema de identificación de obstáculos, que se debe validar.

20 De acuerdo con la Figura 1, se proporciona un modelo combinado KM, en el cual se combinan tres submodelos SM, WUM y HM de manera estocástica.

El modelo combinado KM proporciona combinaciones estocásticas  $KV_{ijk}$  de distribuciones predeterminadas  $V_i$ ,  $V_j$ ,  $V_k$  de los submodelos SM, WUM y HM para la conformación de escenas de conducción.

25 Los submodelos se tratan de un modelo de ruta SM con las distribuciones predeterminadas  $V_i$ , un modelo de clima y de ambiente WUM con las distribuciones predeterminadas  $V_j$  y un modelo de obstáculo HM con las distribuciones predeterminadas  $V_k$ .

El modelo de ruta SM corresponde a un modelo de ruta modelo de simuladores avanzados conocidos en la actualidad, es decir, de una complejidad cercana a la naturaleza.

30 En el modelo WUM de clima y medio ambiente, se definen combinaciones confiables, aunque bastante difíciles de momento del día, clima, etc., pero también combinaciones de circunstancias operativas temporales como, por ejemplo, posiciones de conducción lenta.

El modelo de obstáculos HM consiste en modelos de todos los obstáculos realmente asumibles, como árboles, animales o personas.

35 Según la figura 2, además del modelo combinado KM, también se proporciona otro submodelo SLM para la capacidad de rendimiento de los sensores del sistema de identificación de obstáculos, que también se denomina a continuación como modelo de rendimiento de sensores o, abreviado, modelo de sensores.

40 El modelo combinado KM conforma con sus combinaciones  $KV_{ijk}$  de las distribuciones predeterminadas  $V_i$ ,  $V_j$ ,  $V_k$  de los submodelos SM, WUM, HM, en el sistema 1 conforme a la invención, el modelo de simulación de un simulador 2, que está provisto de una interfaz de usuario 3. El simulador 2 representa gráficamente las escenas de conducción en base a los cálculos en el modelo combinado KM como gráficos generados por ordenador o como una realidad virtual. La realidad virtual permite, en este caso, una interacción de una persona de prueba 5 con las escenas de conducción simuladas a través de la interfaz de usuario 3 del simulador 2. De esta manera, en el simulador, en el contexto de un estudio de simulación de diferentes personas de prueba, en particular, diferentes conductores capacitados de vehículos de tracción, se pueden realizar pruebas de conducción en el simulador 2, 3. Dichas pruebas de manejo se realizan para validar y después aplicar los submodelos SM, WUM, HM y/o el modelo  
45 combinado KM y después generar y emitir un primer resultado proporcionado a los fines de prueba por el simulador 2, 3 como resultado del estudio de simulación que representa la capacidad de identificación de obstáculos de las personas de prueba 5.

Además del simulador 2 con su interfaz de usuario 3, el sistema conforme a la invención también presenta un dispositivo de validación 6. Además de una forma  $KM^*$  de conversión de datos del modelo combinado  $KM$  y el otro submodelo  $SLM$  con sus distribuciones  $V_m$ , el dispositivo de validación 6 también proporciona un algoritmo de identificación de obstáculos HEA del sistema de identificación de obstáculos que se debe validar.

5 Las combinaciones proporcionadas  $KV_{ijk}$  del modelo combinado  $KM$  o la forma convertida  $KM^*$  del modelo combinado, a las que también se hace referencia a continuación como combinaciones fijas, se utilizan entonces, por un lado, para la ejecución del estudio de simulación de la simulación a través del simulador 2, 3 y, por otro lado, son sometidas a un procesamiento automático en el dispositivo de validación a través del algoritmo de identificación de obstáculos HEA del sistema de identificación de obstáculos.

10 Junto al resultado del estudio de simulación, que es emitido por el simulador 2, 3 como el primer resultado  $E1$  que representa la capacidad de identificación de obstáculos de las personas de prueba 5, mediante el dispositivo de validación 6 se emite, como resultado del procesamiento automático, el segundo resultado  $E2$  que representa la capacidad de identificación de obstáculos del algoritmo de identificación de obstáculos HEA.

15 Además, el sistema conforme a la invención comprende un dispositivo de prueba 7 que está conectado con el simulador 2, 3 y el dispositivo de validación 6 y mediante el cual se prueba automáticamente la coincidencia del resultado del estudio de simulación realizado por el simulador 2, 3 y del resultado del procesamiento automático realizado por el dispositivo de validación 6.

20 En otras palabras, los submodelos  $SM$ ,  $WUM$ ,  $HM$  se combinan de manera estocástica en el modelo combinado  $KM$ , es decir, las condiciones de simulación concretas se determinan en función de las distribuciones predeterminadas. Para la validación de los modelos, se utiliza una muestra estadísticamente representativa y significativa de personas de prueba (conductores de vehículos de tracción) para las simulaciones de conducción. En particular, se utilizan situaciones excepcionales con obstáculos o circunstancias inusuales, que se seleccionan, sin embargo, de las distribuciones fijas.

25 Como primer resultado  $E1$ , se obtienen distribuciones estadísticas para la capacidad de identificación de obstáculos de los conductores, promediadas sobre todas las distribuciones fijas. Se espera que estos resultados sean mejores que en la realidad, ya que los conductores saben que deben reconocer los obstáculos con más frecuencia que en la realidad.

30 Para la validación del sistema técnico de identificación de obstáculos, los modelos  $SM$ ,  $WUM$  y  $HM$  o el modelo combinado  $KM$  no se utilizan para un simulador, sino que se convierten a la forma  $KM^*$  de datos técnicos para que el algoritmo de identificación de obstáculos HEA pueda funcionar directamente en las escenas de conducción calculadas. Allí, el modelo  $SLM$  se utiliza para la capacidad de rendimiento de los sensores (por ejemplo, rendimiento en referencia a la definición, alcance, etc.).

35 Esto significa que, en particular, el algoritmo de identificación de obstáculos HEA se puede probar automáticamente y para el algoritmo de identificación de obstáculos HEA en combinación con las distribuciones del modelo de sensor  $SLM$  también se obtienen distribuciones estadísticas para la capacidad de identificación de obstáculos del algoritmo de identificación de obstáculos HEA.

Después, mediante el dispositivo de prueba 7, particularmente, en base a procedimientos estadísticos conocidos como, por ejemplo, la prueba de Kolmogorov-Smirnov, se prueba si la identificación técnica de obstáculos, en particular, el algoritmo de identificación de obstáculos HEA, es al menos tan segura como el conductor humano.

40

**REIVINDICACIONES**

1. Procedimiento para la validación de un sistema de identificación de obstáculos, en el cual
- se proporcionan combinaciones estocásticas ( $KV_{ijk}$ ) de distribuciones predefinidas ( $V_i, V_j, V_k$ ) de submodelos (SM, WUM, HM) para la conformación de escenas de conducción;
- 5 - las combinaciones proporcionadas ( $KV_{ijk}$ ) están sujetas, por un lado, a una simulación a través de un simulador (2,3) para la ejecución de un estudio de simulación y, por otro lado, al procesamiento automático a través de un algoritmo de identificación de obstáculos (HEA) del sistema de identificación de obstáculos; y
- se prueba automáticamente la coincidencia de un resultado (E1) de un estudio de simulación realizado mediante el simulador (2, 3) y de un resultado (E2) del procesamiento automático.
- 10 2. Procedimiento según la reivindicación 1,
- caracterizado porque,
- los submodelos (SM, WUM, HM) se combinan de manera estocástica en un modelo combinado (KM) y las combinaciones estocásticas ( $KV_{ijk}$ ) son proporcionadas por el modelo combinado (KM).
3. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 ó 2,
- 15 caracterizado porque,
- en la simulación, las escenas de conducción se representan gráficamente por el simulador (2, 3), en particular, como una realidad virtual.
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3,
- caracterizado porque,
- 20 como resultado del estudio de simulación, en el cual los submodelos (SM, WUM, HM) y/o el modelo combinado (KM) son validados y aplicados mediante simulaciones de conducción realizadas en el simulador (2, 3) por personas de prueba (5), en particular, conductores de vehículos de tracción, se emite un primer resultado (E1) que representa la capacidad de identificación de obstáculos de las personas de prueba (5).
5. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 4,
- 25 caracterizado porque,
- como resultado del procesamiento automático, se emite un segundo resultado (E2) que representa la capacidad de identificación de obstáculos del algoritmo de identificación de obstáculos (HEA).
6. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 5,
- caracterizado porque,
- 30 como submodelos se utilizan un modelo de ruta (SM), un modelo de clima y de medio ambiente (WUM) y un modelo de obstáculo (HM).
7. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 6,
- caracterizado porque,
- 35 otras distribuciones predefinidas ( $V_m$ ) de otro submodelo (SLM) están sujetas al procesamiento automático a través del algoritmo de identificación de obstáculos (HEA).
8. Procedimiento según la reivindicación 7,
- caracterizado porque,

como el otro submodelo se utiliza un modelo (SLM) para el rendimiento de los sensores del sistema de identificación de obstáculos.

9. Sistema (1) para la validación de un sistema de identificación de obstáculos, el cual está diseñado adecuadamente para

5 - proporcionar combinaciones estocásticas ( $KV_{ijk}$ ) de distribuciones predefinidas ( $V_i, V_j, V_k$ ) de submodelos (SM, WUM, HM) para la conformación de escenas de conducción;

- someter las combinaciones proporcionadas ( $KV_{ijk}$ ), por un lado, a una simulación a través de un simulador (2, 3) para la ejecución de un estudio de simulación y, por otro lado, al procesamiento automático a través de un algoritmo de identificación de obstáculos (HEA) del sistema de identificación de obstáculos; y

10 - probar automáticamente la coincidencia de un resultado (E1) de un estudio de simulación realizado mediante el simulador (2, 3) y de un resultado (E2) del procesamiento automático.

10. Sistema (1) según la reivindicación 9,

caracterizado por

15 un modelo combinado (KM) en el cual los submodelos (SM, WUM, HM) se combinan de manera estocástica y que está diseñado adecuadamente para proporcionar las combinaciones estocásticas ( $KV_{ijk}$ ).

11. Sistema (1) según una de las reivindicaciones 9 ó 10,

caracterizado porque,

el simulador (2, 3) está diseñado adecuadamente para representar gráficamente las escenas de conducción durante la simulación, en particular, como una realidad virtual.

20 12. Sistema (1) según una de las reivindicaciones 9 a 11,

caracterizado porque,

25 está diseñado adecuadamente para emitir un primer resultado (E1) que representa la capacidad de identificación de obstáculos de las personas de prueba (5) como resultado del estudio de simulación, en el cual los submodelos (SM, WUM, HM) y/o el modelo combinado (KM) son validados y aplicados mediante simulaciones de conducción realizadas en el simulador (2, 3) por personas de prueba (5), en particular, conductores de vehículos de tracción.

13. Sistema (1) según una de las reivindicaciones 9 a 12,

caracterizado porque,

está diseñado adecuadamente para emitir como resultado del procesamiento automático, un segundo resultado (E2) que representa la capacidad de identificación de obstáculos del algoritmo de identificación de obstáculos (HEA).

30 14. Sistema (1) según una de las reivindicaciones 9 a 13,

caracterizado porque,

como submodelos el sistema utiliza un modelo de ruta (SM), un modelo de clima y de medio ambiente (WUM) y un modelo de obstáculos (HM).

15. Sistema (1) según una de las reivindicaciones 9 a 14,

35 caracterizado porque,

el mismo está diseñado adecuadamente para someter otras distribuciones predefinidas ( $V_m$ ) de otro submodelo (SLM) al procesamiento automático a través del algoritmo de identificación de obstáculos (HEA).

16. Sistema (1) según la reivindicación 15,

caracterizado porque,

el otro submodelo se proporciona como un modelo (SLM) para la capacidad de rendimiento de los sensores.

FIG 1

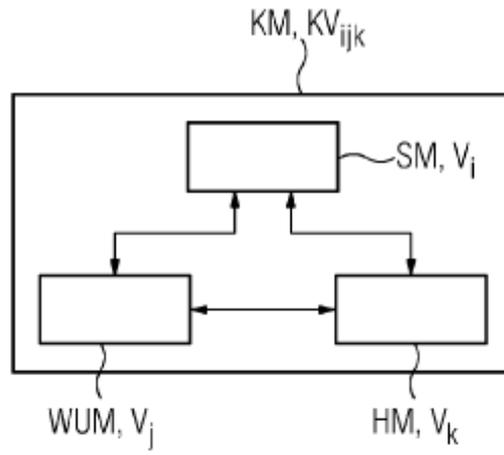


FIG 2

