

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 736 901**

21 Número de solicitud: 201830655

51 Int. Cl.:

B60W 30/08 (2012.01)

B60W 30/095 (2012.01)

G08G 1/16 (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A1

22 Fecha de presentación:

29.06.2018

43 Fecha de publicación de la solicitud:

08.01.2020

71 Solicitantes:

GEOTAB INC. (100.0%)
1075 North Service Road West, Unit #21
L6M 2G2 Oakville Ontario CA

72 Inventor/es:

STOBBE, Paul;
TALPA, Stefania;
LEWIS, Daniel Jacob;
GONZÁLEZ NÚÑEZ, Jorge;
LEQUERICA ROCA, Iván y
HERNÁNDEZ GÓMEZ, Luis Alfonso

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

54 Título: **Caracterización de una colisión de vehículo**

57 Resumen:

En el presente documento se describen ejemplos de un sistema que procesa información que describe el movimiento de un vehículo en un momento relacionado con una posible colisión para determinar de manera fiable si se ha producido una colisión y/o una o más características de la colisión. En respuesta a la obtención de información sobre una colisión potencial, se analizan los datos que describen el movimiento del vehículo antes y/o después de un momento asociado con la colisión potencial para determinar si se produjo la colisión y/o para determinar una o más características de la colisión. El análisis puede realizarse, al menos en parte, usando un clasificador entrenado que clasifica los datos de movimiento del vehículo en una o más clases, donde al menos algunas de las clases están asociadas con si tuvo lugar una colisión y/o una o más características de una colisión. Si se determina que una colisión es probable, se pueden desencadenar una o más acciones basándose en una o más características de la colisión.

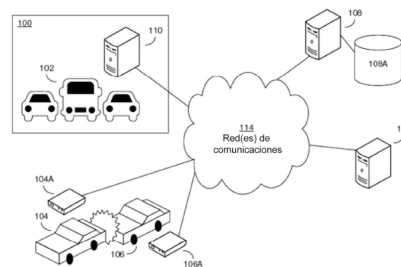


FIG. 1

DESCRIPCIÓN

Caracterización de una colisión de vehículo

Antecedentes

5 Algunas organizaciones, incluidas empresas comerciales u otras organizaciones, poseen y/u operan una flota de vehículos. Por ejemplo, una empresa comercial que proporciona bienes o servicios a clientes en sus hogares (por ejemplo, servicios de control de plagas o servicios de entrega de comestibles) puede poseer y/o operar una flota de vehículos utilizados por empleados y/o contratistas para viajar a los hogares de los clientes.

10 Estas organizaciones a menudo desean saber cuándo uno de sus vehículos ha estado involucrado en una colisión, por lo que la organización puede responder de manera adecuada y eficaz. La organización puede querer saber con prontitud si ha ocurrido una colisión para intentar contactar al empleado/contratista que estaba conduciendo el vehículo y determinar si el empleado/contratista, o cualquier otra persona, ha resultado herido y para que los servicios de emergencia puedan ser enviados si es necesario. La
15 organización también puede querer saber rápidamente que se ha producido una colisión para que se pueda comenzar a investigar la colisión y determinar si la organización es responsable de la colisión y, de ser así, para que pueda comenzar a abordar la colisión de manera adecuada.

Compendio

20 En una realización, se proporciona un método que comprende, en respuesta a la obtención de información sobre una colisión potencial entre un vehículo y un objeto, obtener, durante un periodo de tiempo que se extiende antes y después de un momento de la colisión potencial, datos que describen el vehículo durante el periodo de tiempo, incluyendo los datos que describen el vehículo durante el periodo de tiempo, para cada
25 momento de una pluralidad de veces dentro del periodo de tiempo, datos de aceleración que indican la aceleración del vehículo en ese momento y la velocidad del vehículo en ese momento, clasificar, usando al menos un clasificador entrenado, los datos que describen el vehículo en al menos una de una pluralidad de clases, estando asociada cada clase de la pluralidad de clases con si se produjo una colisión, determinar si es
30 probable que la colisión potencial haya sido una colisión basada, al menos en parte, en al menos una clase identificada en la clasificación.

En otra realización, se proporciona al menos un medio de almacenamiento legible por ordenador no transitorio que tiene codificadas en el mismo instrucciones ejecutables que,

cuando se ejecutan por al menos un procesador, hacen que el al menos un procesador realice un método. El método comprende, en respuesta a la obtención de información sobre una colisión potencial entre un vehículo y un objeto, obtener, durante un periodo de tiempo que se extiende antes y después de un momento de la colisión potencial, datos que describen el vehículo durante el periodo de tiempo, incluyendo los datos que describen el vehículo durante el periodo de tiempo, para cada momento de una pluralidad de veces dentro del periodo de tiempo, datos de aceleración que indican la aceleración del vehículo en ese momento y la velocidad del vehículo en ese momento, clasificar, usando al menos un clasificador entrenado, los datos que describen el vehículo en al menos una de una pluralidad de clases, estando asociada cada clase de la pluralidad de clases con si se produjo una colisión, y determinar si es probable que la colisión potencial haya sido una colisión basada, al menos en parte, en al menos una clase identificada en la clasificación.

En una realización adicional, se proporciona un aparato que comprende al menos un procesador y al menos un medio de almacenamiento legible por ordenador no transitorio que tiene codificadas en el mismo instrucciones ejecutables que, cuando se ejecutan por el al menos un procesador, hacen que el al menos un procesador realice un método. El método comprende, en respuesta a la obtención de información sobre una colisión potencial entre un vehículo y un objeto, obtener, durante un periodo de tiempo que se extiende antes y después de un momento de la colisión potencial, datos que describen el vehículo durante el periodo de tiempo, incluyendo los datos que describen el vehículo durante el periodo de tiempo, para cada momento de una pluralidad de veces dentro del periodo de tiempo, datos de aceleración que indican la aceleración del vehículo en ese momento y la velocidad del vehículo en ese momento, clasificar, usando al menos un clasificador entrenado, los datos que describen el vehículo en al menos una de una pluralidad de clases, estando asociada cada clase de la pluralidad de clases con si se produjo una colisión, y determinar si es probable que la colisión potencial haya sido una colisión basada, al menos en parte, en al menos una clase identificada en la clasificación.

Lo anterior es un resumen no limitativo de la invención, que se define por las reivindicaciones adjuntas.

Breve descripción de los dibujos

Los dibujos adjuntos no pretenden estar dibujados a escala. En los dibujos, cada componente idéntico o casi idéntico que se ilustra en diversas figuras está representado por un número similar. Por motivos de claridad, no todos los componentes pueden

etiquetarse en cada dibujo. En los dibujos:

la FIG. 1 es un esquema de un sistema ilustrativo con el que pueden operar algunas realizaciones;

5 la FIG. 2 es un diagrama de flujo de un proceso que puede implementarse en algunas realizaciones para caracterizar una colisión utilizando un clasificador entrenado;

las FIGS. 3A-3I ilustran ejemplos de técnicas de aprendizaje automático con las que pueden operar algunas realizaciones;

la FIG. 4 es un diagrama de flujo de un proceso que puede implementarse en algunas realizaciones para entrenar un clasificador;

10 las FIGS. 5A-5E muestran valores asociados con una implementación ilustrativa de algunas técnicas descritas en el presente documento; y

la FIG. 6 es un diagrama de bloques de un sistema informático con el que pueden operar algunas realizaciones.

Descripción detallada

15 Se describen en el presente documento diversas realizaciones de un sistema que procesa información que describe el movimiento de un vehículo en un momento relacionado con una colisión potencial para determinar de manera fiable si se produjo una colisión y para determinar una o más características de la colisión. En algunas realizaciones, los datos del acelerómetro de tres ejes pueden analizarse para identificar
20 una indicación de una colisión potencial entre el vehículo y al menos otro objeto, tal como uno o más vehículos o uno o más obstáculos. En respuesta a la obtención de información sobre una colisión potencial, se analizan los datos que describen el movimiento del vehículo antes y/o después de un momento asociado con la indicación de la colisión potencial para determinar si se produjo la colisión y para determinar la característica o
25 características de la colisión. En algunas realizaciones, el análisis de los datos de movimiento del vehículo puede realizarse, al menos en parte, usando un clasificador entrenado que clasifica los datos de movimiento del vehículo en una o más clases, donde al menos algunas clases están asociadas con la existencia de una colisión y/o una o más características de una colisión. Por ejemplo, las clases pueden indicar, si se produjo una
30 colisión, la gravedad de la colisión y/o una dirección de impacto entre el vehículo y el otro objeto u objetos. Si se determina que es probable una colisión, se pueden desencadenar una o más acciones en función de la característica o características de la colisión, tal

como intentar automáticamente contactar con el conductor del vehículo y/o enviar automáticamente a los servicios de emergencia.

Las diferentes colisiones tienen diferentes efectos en el vehículo o vehículos y las personas involucradas en las colisiones y, por lo tanto, pueden justificar diferentes respuestas. Una colisión grave puede justificar la participación de los servicios de emergencia, mientras que una colisión menor puede no justificarla. Una colisión en donde un primer vehículo es golpeado por un segundo desde atrás puede sugerir que el fallo recae principalmente en el conductor del segundo vehículo, y pueden ser apropiadas diferentes respuestas para el propietario u operador del primer vehículo que para el segundo vehículo. Determinar de manera fiable, para una colisión, si un vehículo involucrado en la colisión es el primer vehículo (que fue impactado) o el segundo (que golpeó al otro vehículo) puede por lo tanto ayudar a determinar una respuesta apropiada para la colisión.

Convencionalmente, los datos del acelerómetro se han utilizado para determinar si un vehículo ha experimentado una colisión. Los datos del acelerómetro se usan porque los acelerómetros son simples dispositivos para usar y también por la conocida relación entre la aceleración y la fuerza, y la comprensión convencional de que cuando un vehículo experimenta una aceleración/fuerza repentina, esto es una señal de que el vehículo sufrió una colisión. En uno de estos enfoques convencionales, los datos del acelerómetro se analizan para derivar una aceleración experimentada por el acelerómetro (y, por lo tanto, potencialmente por el vehículo) a lo largo del tiempo y para determinar si la aceleración supera en algún momento un umbral. Si la aceleración excede el umbral, se deduce que el vehículo ha experimentado una colisión.

Los inventores han reconocido y apreciado que dichos enfoques convencionales no eran fiables y estaban limitados en la información que podían proporcionar. A menudo, el enfoque convencional sufría falsos positivos (marcar una colisión cuando no había una colisión) y falsos negativos (no marcar una colisión cuando había una colisión). Los inventores han reconocido y apreciado que esta falta de fiabilidad se debe a que la aceleración en solitario no es un predictor fiable de si se ha producido una colisión. Los vehículos o los acelerómetros pueden, en circunstancias normales, experimentar aceleraciones de magnitud similar a las aceleraciones experimentadas por un vehículo durante una colisión. Por ejemplo, una unidad de acelerómetro dispuesta en una cabina de pasajeros de un vehículo puede, en ocasiones, ser pateada o golpeada accidentalmente, y es difícil diferenciar una aceleración asociada con una patada o golpe de una aceleración experimentada durante una colisión. Como otro ejemplo, una unidad

de acelerómetro dispuesta en una cabina de pasajeros de un vehículo puede estar montada sin apretar y puede moverse mientras el vehículo está en funcionamiento, tal como al pasar de una posición a otra cuando el vehículo está girando. Cuando la unidad se mueve de repente, esto puede señalarse incorrectamente como una colisión. Como un

5 ejemplo adicional, un bache grande u otra deformidad de la carretera puede, cuando es alcanzada por un vehículo, causar un gran valor de aceleración que puede ser difícil de diferenciar de los valores de aceleración asociados con colisiones. Las patadas o golpes, y los baches pueden, por lo tanto, marcarse como una colisión, un falso positivo. De manera similar, durante algunas colisiones, un vehículo puede experimentar

10 aceleraciones o fuerzas que pueden ser, en el transcurso del tiempo, sustanciales, pero que pueden ser en cualquier momento bajas en comparación con las aceleraciones experimentadas durante otras colisiones. Un valor tan bajo puede ser similar a otras aceleraciones que un vehículo experimenta naturalmente en el transcurso de una conducción normal. Como resultado, las aceleraciones asociadas con estas colisiones

15 pueden estar por debajo de un umbral de detección de colisión con el que se comparan los valores de aceleración, dando como resultado un falso negativo en donde no se detecta una colisión.

Los inventores reconocieron y apreciaron que dichas técnicas también estaban limitadas en la información que podían proporcionar. Estas técnicas convencionales

20 proporcionaron indicadores binarios de si se había producido una colisión. No pudieron proporcionar de manera fiable información adicional que caracterizase la colisión. Debido a la naturaleza poco fiable del análisis de aceleración (analizado en el párrafo anterior) y al escaso vínculo entre las aceleraciones experimentadas en cualquier momento y la naturaleza de la colisión, la información de gravedad no pudo ser determinada de forma

25 fiable a partir de la comparación de los datos de aceleración con respecto a los umbrales. En algunos casos, convencionalmente, se puede derivar un vector de aceleración máxima a partir de los datos del acelerómetro y este vector se equiparó con una estimación de una dirección de impacto en la colisión. Sin embargo, esta técnica sufrió la misma falta de fiabilidad que los datos de aceleración subyacentes en donde se basa.

30 Los vehículos involucrados en colisiones pueden moverse en una diversidad de formas y direcciones. Analizar simplemente un vector de aceleración no indicará de manera fiable una dirección de impacto.

Los inventores reconocieron y apreciaron que las técnicas de aprendizaje automático pueden aumentar la fiabilidad del procesamiento de los datos del acelerómetro para

35 determinar la información sobre una colisión potencial. Por ejemplo, un clasificador puede

ser entrenado para clasificar las lecturas del acelerómetro con respecto a una colisión potencial en si se indica una colisión, o una gravedad de la colisión u otras características de la colisión.

5 Los inventores también reconocieron y apreciaron, sin embargo, que aunque el uso de técnicas de aprendizaje automático puede ofrecer un aumento de la fiabilidad, la fiabilidad y la cantidad de información sobre una colisión que puede derivarse únicamente de los datos de aceleración desde el momento de una colisión aún serán limitadas. Los enfoques convencionales se centraron en datos de aceleración inferidos que se relacionan con un instante de una colisión para determinar información sobre la colisión, por lo que se entendió como un vínculo claro entre la aceleración de un objeto y una fuerza que actúa sobre ese objeto, y porque se asumió que la fuerza era mucho más informativa de la naturaleza de una colisión. Como se ha analizado anteriormente, sin embargo, los inventores han reconocido y apreciado que los datos de aceleración para un momento de una colisión pueden no caracterizar de manera fiable la colisión.

15 Por lo tanto, los inventores reconocieron y apreciaron que, incluso si se aplicara el aprendizaje automático, si el análisis se basó en datos de aceleración inferidos por un momento de impacto en una colisión, el análisis todavía sería de fiabilidad limitada. Los inventores reconocieron y apreciaron adicionalmente que si el análisis incluyera otra información que no se había reconocido convencionalmente como informativa en cuanto a la naturaleza de una colisión, esto aumentaría la fiabilidad y la cantidad de información que se puede determinar sobre una colisión. Dicha otra información no se ha recopilado o analizado convencionalmente como parte del análisis de colisión.

25 Por ejemplo, los inventores reconocieron y apreciaron que la información de velocidad para un vehículo, desde un momento en torno a una colisión, puede ser informativa en cuanto a si se ha producido una colisión. A menudo, se presume que un vehículo simplemente desacelera y deja de moverse en el momento de una colisión. Los inventores reconocieron y apreciaron que esta es una presunción incorrecta para muchas colisiones. A menudo, un vehículo puede continuar circulando durante 3, 5 o 10 segundos después de una colisión. Durante el tiempo de la colisión y después de la colisión, los valores de aceleración no necesariamente pueden indicar que el vehículo experimentó claramente una colisión porque, como se ha analizado anteriormente, la aceleración que experimenta el vehículo en cualquier momento durante una colisión puede no ser alta. Sin embargo, cuando la velocidad de un vehículo se reduce a 0, esto puede ser una señal de que el vehículo puede haber experimentado un evento, que puede haber sido una colisión. Junto con esta información adicional que sugiere que puede haber ocurrido

una colisión, los valores de aceleración desde antes de la parada del vehículo pueden analizarse en busca de signos de colisión. Esos signos, como se debe apreciar a partir de lo anterior, pueden no parecer claramente una colisión, pero cuando se usan junto con la información de velocidad, pueden indicar más claramente que es probable que haya ocurrido una colisión. Por ejemplo, si otros datos indican un evento que puede o no ser una colisión en un momento, y la velocidad del vehículo cae a 0 en unos pocos segundos después de ese evento sospechoso, esto puede sugerir que es más probable que el evento sospechoso sea una colisión.

Los inventores reconocieron y apreciaron además que la determinación de forma fiable de si se ha producido una colisión y la determinación de la información que caracteriza la colisión se pueden habilitar monitorizando los movimientos de un vehículo durante un periodo de tiempo más prolongado en torno a una colisión. Los enfoques convencionales se centraron en un instante en el tiempo, que se infirió como el instante del primer impacto de una colisión. Los inventores reconocieron y apreciaron, sin embargo, que algunas colisiones pueden durar bastante tiempo, tal como durante más de un segundo o incluso hasta 10 segundos. Revisar la información del movimiento para la colisión en su totalidad puede ayudar a caracterizar la colisión. Más allá de eso, sin embargo, los inventores reconocieron y apreciaron que al revisar los movimientos de un vehículo desde un momento que comienza antes de una colisión y que dura hasta un tiempo después de la colisión, la fiabilidad de determinar si ocurrió una colisión y la fiabilidad de caracterizar la colisión pueden aumentarse.

Por lo tanto, los inventores han reconocido y apreciado que puede ser ventajoso intentar determinar una ventana de tiempo en torno a una posible colisión, comenzando antes de la colisión y terminando después de la colisión. La información de movimiento de un vehículo en tal periodo de tiempo puede analizarse para determinar si es probable que la colisión potencial haya sido una colisión y, de ser así, para determinar la información sobre la colisión, tal como la información de gravedad y/o la dirección del impacto de la colisión u otra información.

Por lo tanto, los inventores han reconocido y apreciado que puede ser ventajoso determinar una indicación de una colisión potencial, a partir de la cual puede generarse un periodo de tiempo a partir del cual puede generarse un periodo de tiempo e información de movimiento para el periodo de tiempo recopilado para el análisis. Si bien los datos de aceleración tienen una fiabilidad limitada, como se ha analizado anteriormente, para su uso como un único factor en el análisis de colisión, si se analiza de una manera particular, pueden ser útiles como indicadores de colisión potencial, para

su uso en la determinación del periodo de tiempo. Por ejemplo, mientras que cada uno de los tres valores de aceleración generados por un acelerómetro de tres ejes, cada uno de los cuales indica una aceleración en una de tres direcciones (avance-atrás, derecha-izquierda y arriba-abajo), puede ser de uso limitado en algunos casos en que se indica la

5 ocurrencia de una colisión, juntos estos valores pueden ser más indicativos de una colisión potencial. Tomados en conjunto, los tres valores se pueden usar para producir un valor escalar que indique una aceleración total de un vehículo en un instante. Este valor de aceleración total, si está por encima de un umbral, puede ser indicativo de un evento repentino que experimentó el vehículo que causó que el vehículo se acelerara

10 repentinamente. Esto puede ser una colisión o, por supuesto (debido a la información limitada disponible a partir de los datos de aceleración) un bache u otra deformidad en la carretera. Sin embargo, esto puede ser suficientemente informativo de una posible colisión para definir un periodo de tiempo antes y después del instante asociado con esa aceleración, que puede analizarse adicionalmente para determinar si se produjo una

15 colisión y para caracterizar la colisión. Tal análisis puede, como se ha analizado anteriormente, realizarse, al menos en parte, usando un clasificador entrenado.

Los inventores han reconocido y apreciado además que otra información que describa un vehículo implicado en una posible colisión también puede ayudar a determinar si se produjo una colisión y/o caracterizar la colisión. Por ejemplo, los datos generados por la

20 unidad de control del motor (ECU) del vehículo y/o disponibles de otro modo a través del sistema de diagnóstico de a bordo (OBD) del vehículo (que, como se usa en el presente documento, también se refiere a un sistema OBD-II) pueden ayudar a determinar si se produjo una colisión. Por ejemplo, la información que indica si alguna de las bolsas de aire del vehículo se desplegó puede ser un indicador fuerte de que ocurrió una colisión.

25 Utilizando esto como una fuerte señal de que se produjo una colisión, la información del movimiento (por ejemplo, datos del acelerómetro y/o de velocidad) podría analizarse para caracterizar la colisión, tal como la gravedad de la colisión y/o una dirección de impacto. Como otro ejemplo, si alguno de los sensores de un vehículo indica un fallo en el momento de una colisión potencial, esto puede ser un signo de daño asociado con una

30 colisión e indicativo de que la colisión potencial fue una colisión. La información del movimiento puede entonces analizarse para caracterizar la colisión.

En vista de lo anterior, las técnicas se describen en el presente documento para monitorizar la información de movimiento de un vehículo para identificar una indicación de una colisión potencial. La indicación de la colisión potencial puede ser, por ejemplo, una

35 determinación de que un valor escalar derivado de datos de acelerómetro de tres ejes

indica una magnitud de aceleración total en un punto en el tiempo que está por encima de un valor umbral. En lugar de una determinación a partir de datos de aceleración tomados como evidencia concluyente de una colisión, como en los enfoques convencionales, y en lugar de información sobre este punto en el tiempo que impulsa el análisis, este punto en el tiempo se usa en algunas realizaciones como un punto desde el cual definir un periodo de tiempo, y para obtener durante el periodo de tiempo datos de movimiento adicionales para el vehículo que indiquen movimientos del vehículo antes y después de un tiempo asociado con la indicación de una colisión potencial, y/o para obtener datos del vehículo que indiquen un estado de uno o más sistemas o componentes del vehículo durante el periodo de tiempo.

Los datos de movimiento que se obtienen antes y después del tiempo pueden incluir, por ejemplo, datos de acelerómetro de múltiples ejes (por ejemplo, tres ejes) para puntos múltiples durante un periodo de tiempo que se extiende antes y después del tiempo. Los datos de movimiento pueden incluir además un valor escalar para cada punto que indique una magnitud de aceleración total experimentada por el vehículo (o por el acelerómetro) en ese punto. Además, la información de movimiento puede incluir la velocidad del vehículo en cada punto. Esta información de movimiento, incluyendo para cada punto los datos del acelerómetro de tres ejes que indican una aceleración en cada una de las tres direcciones, una magnitud de aceleración total, y/o una velocidad, puede analizarse con un clasificador capacitado para determinar si la indicación de una colisión potencial está asociada a una colisión probable. El clasificador entrenado puede usarse adicional, o como alternativa, para analizar la información de movimiento del vehículo para determinar una o más características para tal colisión. Dichas características pueden incluir una gravedad de la colisión y/o una dirección de impacto de la colisión.

En algunas realizaciones, si se determina que es probable una colisión, se pueden desencadenar una o más acciones en función de la característica o características de la colisión, tal como intentar automáticamente contactar con el conductor del vehículo y/o enviar automáticamente a los servicios de emergencia.

A continuación se describen realizaciones ilustrativas de enfoques para obtener y analizar información del vehículo para determinar de manera fiable si un vehículo ha experimentado una colisión y/o una o más características de dicha colisión. Sin embargo, debe apreciarse que las realizaciones descritas a continuación son meramente a modo de ejemplo y que otras realizaciones no están limitadas a operar de acuerdo con las realizaciones descritas a continuación.

La FIG. 1 ilustra un sistema informático con el que pueden operar algunas realizaciones. La FIG. 1 incluye una organización 100 que puede operar una flota de vehículos 102. La organización 100 puede ser una empresa comercial, un gobierno o una agencia gubernamental, una organización no lucrativa, una organización sin ánimo de lucro, o cualquier otra organización. Las realizaciones no están limitadas a operar con cualquier forma particular de organización, o con organizaciones formales o informales. Los ejemplos ilustrativos de dicha organización incluyen un servicio comercial que entrega bienes y/o servicios a los hogares o negocios de los clientes, un negocio que alquila vehículos, un municipio que opera vehículos dentro del municipio (por ejemplo, vehículos para realizar proyectos de obras públicas, vehículos de seguridad pública como coches de policía, camiones de bomberos, y ambulancias, etc.). Los vehículos de la flota 102 pueden ser operados por empleados y/o contratistas de la organización 100, o por otros (por ejemplo, los clientes de una agencia de alquiler de automóviles pueden conducir los automóviles).

La organización 100 puede querer ser notificada rápidamente cuando cualquiera de los vehículos 102 esté involucrado en una colisión. La organización 100 puede desear responder a tal colisión determinando si el conductor (por ejemplo, el empleado o el contratista) o cualquier otra persona resultó lesionada. La organización 100 también puede desear responder a una colisión determinando si el vehículo todavía es seguro para operar, o ha sido dañado hasta el punto en que no debería ser operado y otro vehículo debe ser enviado para actuar en el lugar del vehículo dañado (por ejemplo, recogiendo las entregas que el vehículo dañado debía haber hecho, o prestando otro servicio que el vehículo dañado iba a realizar). Dicha información puede inferirse o determinarse a partir de una indicación de la gravedad de una colisión. Las colisiones más graves pueden ser más propensas a provocar lesiones que las colisiones menos graves o dar como resultado vehículos que ya no se pueden operar con seguridad. Por consiguiente, si se pudiera determinar la gravedad de una colisión, la organización 100 también podría ser capaz de estimar si alguien resultó herido o si el vehículo todavía puede ser operado de manera segura.

La organización 100 también puede querer saber, cuando se produce una colisión, la probabilidad de que incurra en responsabilidad por la colisión. El fallo para colisiones diferentes se divide en diferentes partes, y el fallo puede inferirse de una manera en que dos vehículos colisionaron. El ángulo al que un vehículo en la flota 102 golpeó o fue golpeado por otro objeto (por ejemplo, otro vehículo u obstáculo) puede ser indicativo de quién es el culpable de la colisión y puede ser indicativo de si la organización 100

incurrirá en responsabilidad. Por ejemplo, si un vehículo en la flota 102 es golpeado por detrás por otro vehículo, puede ser menos probable que el conductor del vehículo en la flota 102 sea culpable y menos probable que la organización 102 incurra en responsabilidad. Sin embargo, si el vehículo de la flota 102 golpea a otro vehículo con su parte delantera, es más probable que el conductor del vehículo de la flota 102 sea culpable y más probable que la organización 102 incurra en responsabilidad. Por consiguiente, si se puede determinar la información del ángulo de impacto para un vehículo involucrado en una colisión, la organización 100 puede ser más eficazmente capaz de determinar quién puede tener la culpa y si es probable que incurra en responsabilidad.

La FIG. 1 también ilustra una colisión entre dos vehículos 104, 106, en donde el vehículo 104 está siendo golpeado desde atrás por el vehículo 106. En este ejemplo, el vehículo 104 es un miembro de la flota 102. Las técnicas descritas en el presente documento pueden usarse para obtener información de movimiento para el vehículo 104 que puede analizarse para determinar si se produjo una colisión y caracterizar la colisión, incluyendo determinar la gravedad de la colisión y/o el ángulo de impacto sobre el vehículo 104.

En algunas realizaciones, cada uno de los vehículos 104, 106 puede estar equipado respectivamente con un dispositivo de monitorización 104A, 106A. El dispositivo de monitorización 104A, 106A puede incluir un acelerómetro de tres ejes que indica la aceleración del dispositivo a lo largo del tiempo, lo que puede ser indicativo de la aceleración del vehículo asociado a lo largo del tiempo. El dispositivo 104A, 106A puede estar equipado para producir un valor de acelerómetro en un intervalo establecido, tal como múltiples veces por segundo (por ejemplo, 100 veces por segundo), una vez por segundo, o en otro intervalo adecuado. En algunas realizaciones, los dispositivos de monitorización 104A, 106A también pueden estar equipados para obtener información de uno de los vehículos asociados. Por ejemplo, un dispositivo de monitorización supervisión 104A, 106A puede estar equipado para conectarse a un puerto OBD de un vehículo asociado y obtener información de una ECU o un sistema OBD del vehículo. Dicha información puede incluir mensajes de fallo generados por el la ECU o el sistema OBD, o mensajes que indican un estado de los componentes del vehículo, tales como mensajes que indican si se ha desplegado una bolsa de aire.

Una instalación de detección de colisión puede implementarse como instrucciones ejecutables y puede analizar información generada u obtenida por un dispositivo de monitorización 104A, 106A. La instalación de detección de colisión puede analizar la información para determinar si un vehículo asociado con el dispositivo de monitorización

104A, 106A ha experimentado una colisión y, de ser así, determinar una o más características de la colisión (por ejemplo, gravedad, ángulo de impacto).

En algunas realizaciones, la instalación de detección de colisión puede implementarse (por ejemplo, almacenarse y ejecutarse por) el dispositivo de monitorización 104A, para
5 realizar dichas determinaciones sobre el vehículo 104. En otras realizaciones, la instalación de detección de colisión puede implementarse por otro dispositivo del vehículo 104, tal como un dispositivo informático integrado con el vehículo 104 (por ejemplo, la ECU, o un ordenador del sistema OBD), o un dispositivo informático dispuesto en una cabina de pasajeros del vehículo 104. Tal dispositivo informático dispuesto en la cabina
10 de pasajeros puede ser un dispositivo móvil (por ejemplo, un teléfono inteligente, una tableta, etc.) o un ordenador personal (por ejemplo, un ordenador portátil) u otro dispositivo adecuado. En otras realizaciones, la instalación de detección de colisión puede implementarse remotamente del vehículo 104. En la realización de la FIG. 1, por ejemplo, la instalación de detección de colisión puede implementarse en uno o más
15 servidores 108 situados a distancia del vehículo 104. Por ejemplo, el servidor 108 puede ser uno o más servidores operados por un proveedor del dispositivo de monitorización 104A, uno o más servidores operados por la organización 100, operados por una plataforma informática en la nube u otros servidores.

En aún otras realizaciones, las operaciones de la instalación de detección de colisión
20 descrita en el presente documento pueden no implementarse completamente en una ubicación u otra, sino que pueden dividirse de cualquier manera adecuada. Como un ejemplo de este tipo, las operaciones de una instalación de detección de colisión para determinar si ha ocurrido una colisión pueden implementarse dentro del dispositivo de monitorización 104A o localmente con respecto al vehículo 104, mientras que las
25 operaciones para caracterizar una colisión, una vez que se determina que es probable que haya ocurrido una colisión, pueden implementarse a distancia del vehículo 104 en el servidor o servidores 108.

Independientemente de dónde se implemente, de acuerdo con algunas técnicas descritas en el presente documento, la instalación de detección de colisión del ejemplo de la FIG. 1
30 puede aprovechar un clasificador entrenado para determinar si se ha producido una colisión y/o caracterizar la colisión. El clasificador entrenado puede tener información asociada con cada una de las clases con las que está configurado, ilustrada en la FIG. 1 como el almacén de datos 108A. Esa información puede ser utilizada por el clasificador entrenado para analizar información sobre el vehículo 104 obtenida por el dispositivo de
35 monitorización 104A, incluidos los datos de movimiento u otros datos, y determinar una

clase que mejor se corresponda con los datos obtenidos.

Cada una de las clases puede estar asociada con la ocurrencia de una colisión y/o, si ha ocurrido una colisión, una o más características asociadas con la colisión. Por ejemplo, las clases pueden estar asociadas con una decisión binaria de si se produjo una colisión.

5 Como otro ejemplo, las clases pueden estar asociadas con diferentes niveles de probabilidad de que ocurra una colisión. Como un ejemplo adicional, las clases pueden asociarse adicionalmente, o como alternativa, con una o más características de una colisión, tales como la gravedad de una colisión, diferentes niveles de gravedad de una colisión, diferentes ángulos de impacto u otras características de una colisión.

10 A continuación se proporciona información adicional con respecto a ejemplos de uso de un clasificador entrenado en relación con las FIGS. 2-5E.

En realizaciones en donde la instalación de detección de colisión se implementa a distancia del dispositivo de monitorización 104A, el dispositivo de monitorización 104A puede comunicar los datos obtenidos a la instalación de detección de colisión. El

15 dispositivo de monitorización 104A puede incluir componentes de comunicación, tales como uno o más transceptores inalámbricos. El uno o más transceptores inalámbricos pueden incluir, por ejemplo, componentes para comunicarse a través de una red inalámbrica de área extensa (WWAN), tal como a través de un protocolo celular, tal como el servicio general de radio por paquetes (GPRS), el servicio universal de

20 telecomunicaciones móviles (UMTS), velocidades de datos mejoradas para evolución GSM (EDGE), evolución a largo plazo (LTE), u otro protocolo adecuado. En algunas de dichas realizaciones, el dispositivo de monitorización 104A puede comunicarse directamente con una o más redes fuera del vehículo 104 para comunicar datos a la instalación de detección de colisión. En otras realizaciones, el dispositivo de

25 monitorización 104A puede comunicarse con tales redes a través de otro dispositivo dispuesto localmente al vehículo 104. Por ejemplo, el vehículo 104 puede incluir componentes de comunicación para comunicarse a través de una WWAN y el dispositivo de monitorización 104A puede comunicarse con el vehículo 104 para solicitar que los datos obtenidos por el dispositivo de monitorización 104A se envíen a la instalación de

30 detección de colisión. Como ejemplo de tal realización, el dispositivo de monitorización 104A puede incluir componentes para comunicarse a través de una red de área de controlador (CAN) del vehículo 104 y solicitar que los datos obtenidos sean transmitidos desde el vehículo 104. En aún otras realizaciones, el dispositivo de monitorización 104A puede comunicarse a través de un dispositivo móvil local con el vehículo 104, tal como un

35 dispositivo móvil operado por un conductor del vehículo 104. El dispositivo móvil puede

ser, por ejemplo, un teléfono inteligente o tableta. En una realización de este tipo, el dispositivo de monitorización 104A puede comunicarse con el dispositivo móvil a través de una red de área local inalámbrica (WLAN) o una red de área personal inalámbrica (WPAN), tal como cualquiera de los protocolos IEEE 802.11 o cualquiera de los protocolos Bluetooth®, para solicitar que los datos obtenidos sean enviados a la instalación de detección de colisión.

Junto con los datos obtenidos que describen movimientos del vehículo u otra información, el dispositivo de monitorización 104A puede transmitir a la instalación de detección de colisión uno o más identificadores para el vehículo 104 y/o para el dispositivo de monitorización 104A, para indicar que los datos transmitidos se refieren a la vehículo 104. Las realizaciones no están limitadas a operar con una forma particular de identificador. En algunas realizaciones, se puede usar un número de identificación de vehículo (VIN), un número de matrícula u otro identificador. La instalación de detección de colisión puede recibir esta información desde un dispositivo de monitorización, que puede configurarse con esta información, tal como recibiendo la información como entrada cuando el dispositivo de monitorización está instalado en el vehículo 104. La instalación de detección de colisión también puede recibir esta información cuando la instalación de detección de colisión se está ejecutando en un dispositivo informático integrado con el vehículo 104 (en cuyo caso la instalación puede obtener el identificador de la memoria), o cuando la instalación recibe datos desde o a través del vehículo 104, en cuyo caso uno o más componentes del vehículo pueden añadir el identificador a la información que se envía.

En algunas realizaciones, se puede obtener y transmitir un identificador o información de contacto para un conductor del vehículo 104. Por ejemplo, se puede enviar un número de teléfono que puede usarse para contactar con el conductor del vehículo 104. Esto puede enviarse en realizaciones en donde la instalación de detección de colisión se está ejecutando o recibe datos desde o a través de un dispositivo móvil del conductor, en cuyo caso el dispositivo móvil puede enviar datos desde el dispositivo de monitorización 104A junto con el número de teléfono. En otras realizaciones, un conductor del vehículo 104 puede "iniciar sesión" en el dispositivo de monitorización 104A o configurar de otro modo el dispositivo de monitorización 104A cuando hace funcionar por primera vez el vehículo 104, y como parte de esa configuración puede proporcionar un identificador y/o número de teléfono para el conductor.

En algunas realizaciones, los datos de ubicación para el vehículo 104 también pueden enviarse a la instalación de detección de colisión. Por ejemplo, el dispositivo de

monitorización 104A puede incluir hardware del sistema de posicionamiento global (GPS) para determinar una ubicación del dispositivo de monitorización 104A, o el dispositivo de monitorización 104A puede obtener del vehículo 104 información que describe una ubicación del vehículo 104. El dispositivo de monitorización 104 puede también transmitir esta información de ubicación a la instalación de detección de colisión.

La instalación de detección de colisión, tras analizar los datos y determinar una o más clases que probablemente describan la colisión sospechosa, puede informar de la colisión sospechosa a la organización 100. Por ejemplo, la instalación de detección de colisión puede comunicarse con uno o más servidores 110 asociados con la organización 100. El uno o más servidores 100 pueden estar asociados con un centro de llamadas u otro empleado o grupo de empleados encargado de revisar y responder potencialmente a colisiones o colisiones potenciales. Por lo tanto, el servidor 100 puede ser operado por la organización 100 y/o por un proveedor de servicios que la organización 100 ha contratado para monitorizar y responder a colisiones o colisiones potenciales.

La instalación de detección de colisión puede proporcionar información diversa a la organización 100 al informar de una colisión o colisión potencial. Por ejemplo, si la instalación de detección de colisión determina una o más características de la colisión potencial, tal como la gravedad y/o el ángulo de impacto de la colisión, las una o más características pueden enviarse a la organización 100. En algunos casos, algunos de los datos obtenidos por el dispositivo de monitorización 104A y enviados a la instalación de detección de colisión pueden enviarse. Por ejemplo, si se obtuvieron datos del vehículo 104, tal como información que indica si se desplegó un airbag, esta información puede enviarse a la organización 100. El identificador para el vehículo 104 y/o el dispositivo de monitorización 104A puede transmitirse, para que la organización 100 pueda identificar un vehículo al que se refiere el informe. En realizaciones en donde la instalación de detección de colisión recibe un identificador o información de contacto para un conductor, también se puede enviar el identificador o la información de contacto. En realizaciones en donde la información de ubicación para el vehículo 104 es recibida por la instalación de detección de colisión, la información de ubicación también puede enviarse a la organización 100.

Tras la recepción de un informe de una colisión o colisión potencial en la organización 100, la organización 100 puede determinar si debe responder y cómo responder. La respuesta de la organización 100 puede ser manual y/o automática, ya que las realizaciones no están limitadas a este respecto. En realizaciones en donde la respuesta de la organización 100 es, al menos parcialmente, automática, la respuesta automática

puede generarse usando reglas que evalúan la información recibida de la instalación de detección de colisión. Por ejemplo, si un informe de una instalación de detección de colisión indica que es probable que el vehículo 104 haya experimentado una colisión grave, y el informe incluye información de ubicación, esta información puede satisfacer las condiciones asociadas con la activación del envío de servicios de emergencia a la ubicación, y el servidor o servidores 110 pueden activar ese envío sin intervención humana, tal como enviando información de ubicación y/o información de identificación al emisor. Sin embargo, en otros casos, una persona puede revisar el informe de la instalación de detección de colisión y determinar cómo responder. La persona puede responder intentando comunicarse con un conductor del vehículo 104, tal como usando la información de contacto recibida del conductor, para consultar sobre su salud o la seguridad del conductor u otras personas. La persona también puede contactar con los servicios de emergencia y/o servicios de asistencia en carretera en un área en donde se encuentra el vehículo 104 para solicitar el envío de servicios de emergencia o asistencia en carretera al vehículo 104 usando la información de ubicación y/o identificando la información de contacto.

La realización automática y/o manual de estas u otras respuestas puede, en algunas realizaciones, incluir la comunicación con uno o más dispositivos informáticos 112 asociados con uno o más proveedores de servicios, tales como servicios de emergencia o servicios de asistencia en carretera.

Las comunicaciones en el sistema informático de la FIG. 1 pueden realizarse usando una o más redes inalámbricas y/o alámbricas, incluyendo Internet, generalmente representadas en la FIG. 1 como red(es) de comunicación 114. Debe apreciarse que la una o más redes de comunicación pueden incluir cualquier combinación adecuada de redes operativas con cualquier medio de comunicación adecuado, ya que las realizaciones no están limitadas a este respecto.

La FIG. 1 ilustra ejemplos de componentes de un sistema informático con el que pueden operar algunas realizaciones. A continuación se describen en relación con las FIGS. 2-5E ejemplos de implementaciones de una instalación de detección de colisión, incluyendo técnicas para el entrenamiento de una instalación de detección de colisión. Estas realizaciones pueden operar con un sistema informático como el que se muestra en la FIG. 1, o con otra forma de sistema informático.

La FIG. 2 ilustra un ejemplo de un proceso que puede implementarse mediante una instalación de detección de colisión en algunas realizaciones. El proceso de la FIG. 2

puede implementarse localmente en un vehículo (por ejemplo, en un dispositivo de monitorización de la FIG. 1) y/o a distancia de un vehículo. En algunas realizaciones, por ejemplo, parte del proceso 200 de la FIG. 2 pueden implementarse localmente en un vehículo, tal como las operaciones de los bloques 202-206 del proceso 200, mientras que otra parte del proceso 200 puede implementarse desde un vehículo, tal como las operaciones de los bloques 208-212.

El proceso 200 comienza en el bloque 202, en donde una instalación de detección de colisión obtiene información con respecto a una colisión potencial.

En algunas realizaciones, la instalación de detección de colisión puede obtener información con respecto a una colisión potencial monitorizando en el tiempo la magnitud de la aceleración total experimentada por un acelerómetro de un vehículo y/o de un dispositivo de monitorización. La aceleración total puede ser un valor derivado de la aceleración detectada por el acelerómetro en diferentes ejes. Por ejemplo, en el caso de que el acelerómetro sea un acelerómetro de tres ejes, la aceleración total puede derivarse del cálculo realizado en la aceleración experimentada en cada uno de los tres ejes. Los tres ejes pueden ser hacia adelante-atrás, derecha-izquierda y arriba-abajo en algunos casos. En algunas realizaciones, la magnitud de la aceleración total se puede calcular como la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de la aceleración en diferentes direcciones. Por ejemplo, si la aceleración en la dirección hacia adelante-atrás está asignada a "x", la aceleración en la dirección derecha-izquierda a "y", y la aceleración en la dirección hacia arriba-abajo a "z", la magnitud de la aceleración total puede ser:

$$acc_{total} = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$$

La magnitud de la aceleración total es un valor escalar. Este valor se puede usar en el bloque 202 como parte de la obtención de información sobre si el vehículo ha experimentado un evento que puede ser (o no) una colisión - una colisión potencial.

Por ejemplo, en algunas realizaciones, si el vehículo experimenta una aceleración total en un momento que está por encima de un umbral, esto puede tomarse como un signo de una sospecha de colisión que debe evaluarse más a fondo para determinar si se trata de una colisión o no es una colisión. Como se debe apreciar a partir de lo anterior, la aceleración en solitario rara vez es un indicador fiable de una colisión, ya que otros eventos también pueden estar asociados con altas aceleraciones, tal como una patada o golpe de un dispositivo de monitorización o el vehículo alcanzando un bache u otra

deformidad de la carretera. Por consiguiente, la magnitud de la aceleración total no se toma como un signo de colisión, sino como un signo de colisión potencial que se investigará más a fondo.

Por lo tanto, en el bloque 202 en algunas realizaciones, la instalación de detección de colisión determina la aceleración total en el tiempo, tal como en un intervalo de tiempo. Ese intervalo de tiempo puede ser, por ejemplo, múltiples veces por segundo (por ejemplo, 100 veces por segundo), una vez por segundo u otro intervalo adecuado, después determina si la aceleración total en cualquier momento excede un umbral. Si no es así, el proceso de detección de colisión finaliza. En algunas realizaciones, la instalación de detección de colisión puede regresar al bloque 202 y continuar monitorizando la aceleración total en el tiempo, u obtener de otro modo información sobre una colisión potencial.

Sin embargo, debe apreciarse que las realizaciones no están limitadas a usar un umbral para determinar si se ha producido una colisión potencial, ya que las realizaciones pueden obtener información con respecto a una colisión potencial de otras maneras.

Por ejemplo, en algunas otras realizaciones, se puede obtener una indicación de una colisión potencial identificando una aceleración total que sea la mayor en un periodo de tiempo. Cuando una magnitud de aceleración total en cierto momento excede la magnitud de la aceleración total de otras veces, como otras veces dentro de una ventana de tiempo en torno a un tiempo que se analiza, esa aceleración total superior puede tomarse como una indicación de una colisión potencial. Este puede ser el caso incluso si la magnitud de la aceleración en ese momento es menor que la magnitud en otros momentos. En tal caso, la instalación de detección de colisión puede usar una ventana de tiempo deslizante para analizar, en el tiempo, datos de aceleración dentro de la ventana de tiempo para determinar la magnitud de la aceleración total en tiempos dentro de la ventana de tiempo y para determinar la magnitud más alta en la ventana. El tiempo de esa magnitud más alta puede entonces interpretarse como un momento de una colisión potencial e interpretarse en el bloque 202 como información con respecto a una colisión potencial.

En algunas otras realizaciones, en lugar de la instalación de detección de colisión que usa una ventana de tiempo deslizante para identificar una aceleración total máxima dentro de la ventana de tiempo, se puede usar una ventana de tiempo deslizante que determina cada punto sucesivo en el tiempo como una indicación de una colisión potencial. En cada etapa de tiempo, se puede tomar una muestra de aceleración posterior como una indicación de una colisión potencial, y se toma en el bloque 202 como

información con respecto a una colisión potencial.

Una vez que la instalación de detección de colisión obtiene información con respecto a una colisión potencial en el bloque 202, entonces, en el bloque 204, la instalación de detección de colisión define un periodo de tiempo que abarca un tiempo anterior y posterior al momento en que la aceleración total excede el umbral. El tiempo puede ser lo suficientemente largo como para durar antes y después de una colisión, si el momento de la colisión potencial es al principio, durante o al final de una colisión. Por ejemplo, si se determina que las colisiones duran al menos tres segundos, el periodo de tiempo puede durar 6 segundos: tres segundos antes del momento de la colisión potencial, y tres segundos después. Si se determina que las colisiones duran al menos 5 segundos, el periodo de tiempo puede ser de 10 segundos. Los inventores reconocieron y apreciaron que algunas colisiones pueden durar hasta 10 segundos, por lo que un periodo de tiempo de 20 segundos puede ser ventajoso. Sin embargo, debería apreciarse que las realizaciones no están limitadas a implementarse con ningún periodo de tiempo particular. Además, aunque en algunas realizaciones el periodo de tiempo se puede definir simétricamente en torno al tiempo desde el bloque 204, en otras realizaciones el periodo de tiempo puede definirse asimétricamente.

En el bloque 206, la instalación de detección de colisión obtiene datos que describen el vehículo durante el periodo de tiempo definido en el bloque 204. Los datos que se obtienen pueden ser datos de movimiento que describen los movimientos del vehículo en el periodo de tiempo. Los datos que describen los movimientos pueden ser datos de aceleración que indican una aceleración del vehículo en tres ejes a intervalos (por ejemplo, el mismo intervalo que puede usarse en el bloque 202 para obtener datos de aceleración) durante el periodo de tiempo. En algunas realizaciones, los datos de aceleración también pueden procesarse para determinar información adicional que describe movimientos del vehículo en el periodo de tiempo. Por ejemplo, para cada conjunto de datos de aceleración para cada intervalo, se puede determinar una magnitud de aceleración total, de la misma manera que se puede haber usado, en algunas realizaciones, en el bloque 202. Como otro ejemplo, la velocidad del vehículo en el intervalo puede determinarse. En algunas realizaciones, la información de velocidad puede determinarse a partir de cálculos realizados sobre las aceleraciones a lo largo del tiempo, potencialmente junto con datos de localización.

En algunas realizaciones, además de, o como una alternativa a la información de aceleración, se pueden obtener otros datos que describen el vehículo. Por ejemplo, la instalación de detección de colisión puede obtener datos de un vehículo, tal como de una

ECU o un sistema OBD del vehículo. La información obtenida puede incluir, por ejemplo, la velocidad en cada uno de los momentos para los que se obtuvieron datos de aceleración. La información obtenida puede incluir adicionalmente, o como alternativa, mensajes generados por uno o más componentes del vehículo, tales como información que indica un estado del componente o los componentes. La información de estado puede incluir, por ejemplo, si alguno de los componentes del vehículo ha generado un mensaje de error y/o ha cambiado un estado, tal como, para un sistema de bolsa de aire, si se ha desplegado una bolsa de aire. Los datos que se obtienen del vehículo pueden ser información para el periodo de tiempo definido en el bloque 204.

En el bloque 208, la información que se obtiene en el bloque 206 se analiza con un clasificador entrenado de la instalación de detección de colisión. Como se ha analizado anteriormente en relación con la FIG. 1, el clasificador entrenado puede incluir múltiples clases diferentes que están asociadas a los datos del vehículo para diferentes escenarios, donde los escenarios incluyen si ocurrió una colisión y/o características de colisiones (por ejemplo, gravedad, ángulo de impacto, etc.).

Cada clase puede estar asociada con datos que describen combinaciones de datos (por ejemplo, datos de movimiento u otros datos) que están asociados con el escenario descrito por la clase. Por ejemplo, si una clase está asociada con una colisión que ha ocurrido y con una colisión que es una colisión grave en donde otro chocó con el vehículo, la clase puede estar asociada con características de datos de movimiento y/u otros datos que definen tal colisión trasera grave. Esta información puede definir la clase y usarse para determinar si los nuevos datos (para una colisión potencial a analizar) se ajustan a cualquiera de las clases.

Cada clase puede definirse por diferentes datos de movimiento ya que cada tipo de colisión puede asociarse con diferentes movimientos, lo que permite diferenciar las colisiones, y ya que las operaciones normales del vehículo (sin colisión) también pueden asociarse con movimientos que difieren de los movimientos asociados con las colisiones, lo que permite diferenciar las colisiones de la conducción normal. Por ejemplo, una colisión trasera directa puede incluir movimientos que son principalmente movimientos hacia adelante y hacia atrás. Una colisión en donde el vehículo es golpeado de costado por otro vehículo puede, por otro lado, asociarse con datos de movimiento de derecha-izquierda. Si se introducen datos para una sospecha de colisión, y esos datos incluyen principalmente movimientos hacia adelante y hacia atrás e incluyen muy poco movimiento de derecha-izquierda, es más probable que la colisión sospechada sea una colisión trasera a que la colisión sospechada sea una colisión lateral. Las colisiones graves

también pueden mostrar movimientos diferentes a las colisiones no graves, y las no colisiones pueden mostrar movimientos diferentes a las colisiones. Una comparación de datos para una sospecha de colisión con datos que describen diferentes clases de colisiones puede por lo tanto permitir determinar si ocurrió una colisión y/o determinar una o más características de una colisión.

Por consiguiente, cuando los datos obtenidos por el dispositivo de monitorización 104A se analizan con el clasificador entrenado, los datos de movimiento y/u otros datos pueden compararse con cada una de las clases definidas por el clasificador entrenado. La instalación de detección de colisión puede generar una probabilidad que indica un nivel de coincidencia entre cada una de una o más clases y los datos. La probabilidad de una clase indica la probabilidad de que la información asociada con esa clase sea una descripción precisa de los datos. Por ejemplo, para la clase ejemplar anterior que está asociada con una colisión que ha ocurrido y que es una colisión trasera grave, los datos de entrada se pueden comparar para determinar si coinciden con los datos para esa clase. Si la colisión en realidad fue una colisión trasera grave, los datos de entrada pueden parecer similares a los datos para la clase y se puede generar una alta probabilidad de coincidencia. Sin embargo, si los datos de entrada están asociados con una colisión frontal no grave, puede no haber un alto grado de coincidencia con la clase de colisión trasera grave y, en consecuencia, se puede generar una baja probabilidad de coincidencia por la instalación de detección de colisión. En tal caso, sin embargo, el clasificador entrenado puede tener otra clase para una colisión frontal no grave, y puede haber una alta probabilidad de coincidencia con esa clase. Como resultado, la instalación de detección de colisión puede generar una probabilidad de coincidencia entre los datos de entrada y cada una de una o más clases mantenidas por el clasificador entrenado.

Estas probabilidades se pueden usar para determinar si se produjo una colisión y/o características de la colisión. Por ejemplo, una clase que tiene una probabilidad más alta se puede seleccionar como la respuesta precisa, y la información de colisión para esa clase (si se produjo una colisión y/o características de tal colisión) se puede elegir como el posible descriptor correcto de la colisión. Como otro ejemplo, las probabilidades se pueden comparar con un umbral para determinar si alguna de las probabilidades para cualquiera de las clases está por encima del umbral. Si es así, todas las clases para las cuales una probabilidad está por encima de un umbral pueden notificarse como posibles coincidencias para la sospecha de colisión, para que un usuario revise cada una de las posibles coincidencias y la información de colisión para cada una de las posibles coincidencias. Como otro ejemplo, las probabilidades se pueden comparar para

determinar si una o más de las probabilidades difieren de otras en más de una cantidad umbral, de modo que se pueden determinar una o más como posibles coincidencias correctas, mientras que otras tienen, en comparación con esta una o más, menos probabilidades de ser correctas. Aquellas una o más que se destacan de las demás pueden ser notificarse como posibles coincidencias para la sospecha de colisión, para que un usuario revise cada una de las coincidencias potenciales y la información de colisión para cada una de las posibles coincidencias. Las realizaciones no están limitadas a ninguna forma particular de analizar probabilidades y seleccionar una o más coincidencias correctas potenciales de las probabilidades.

5

10

Por consiguiente, comparando los datos obtenidos en el bloque 206 con los datos que definen las diferentes clases/escenarios, el clasificador entrenado puede determinar cuál de las clases es una coincidencia probable o la mejor coincidencia para los datos obtenidos en el bloque 206. Por lo tanto, la instalación de detección de colisión puede determinar, en el bloque 208, una o más clases que sean una probable o mejor coincidencia con respecto a los datos obtenidos en el bloque 206.

15

En el bloque 210, basándose en la clase o clases determinadas en el bloque 208, la instalación de detección de colisión determina si es probable que la colisión potencial del bloque 202 sea o haya sido una colisión. Esto puede incluir determinar si la clase que mejor coincide con los datos obtenidos en el bloque 206 es una clase asociada con una colisión, o si alguna de las clases para las cuales los datos obtenidos son una buena coincidencia es una clase asociada con una colisión. Como alternativa, esto puede incluir determinar si una probabilidad de coincidencia con cualquier clase asociada con una colisión excede un umbral, o si una probabilidad de coincidencia con cualquier clase asociada con ninguna colisión excede un umbral.

20

25

Si se determina en el bloque 210 que una colisión no es probable, entonces en la realización de la FIG. 2, el proceso de detección de colisión puede finalizar, o regresar al bloque 202 y continuar monitorizando la aceleración en el tiempo u obteniendo de otro modo información con respecto a otra posible colisión.

30

Sin embargo, si la instalación de detección de colisión determina en el bloque 210 que es probable que haya ocurrido una colisión, entonces en el bloque 212, la instalación de detección de colisión desencadena acciones que responden a la colisión. Esto puede incluir notificar a un operador de una flota de vehículos de los que el vehículo es miembro, notificar a asistencia en carretera, notificar a los servicios de emergencia, intentar contactar con el conductor del vehículo, u otras acciones analizadas

anteriormente. Una vez que se desencadenan las acciones, la instalación de detección de colisión puede finalizar el proceso 200, o continuar la monitorización en el bloque 202, ya sea monitorizando el vehículo que experimentó la colisión o monitorizando otros vehículos.

5 En algunas realizaciones, la instalación de detección de colisión puede evaluar una clase identificada como la coincidencia más probable para una colisión sospechosa para la cual se recibieron los datos y se analizaron por la instalación de detección de colisión. Si la mejor coincidencia determinada por el clasificador indica que es poco probable que haya ocurrido una colisión, la instalación de detección de colisión puede no informar de la
10 colisión potencial a la organización 100. Sin embargo, si la instalación de detección de colisión determina que puede haber ocurrido una colisión, la instalación puede informar de la colisión potencial a la organización 100. En otras realizaciones, sin embargo, la instalación de detección de colisión puede informar a la organización 100 de cada colisión potencial que analiza, pero puede informar de la colisión potencial a la organización 100
15 junto con un valor que indica una probabilidad que la colisión potencial fue una colisión. Una persona de la organización 100 (o un proveedor de la organización 100) que revisa el informe puede analizar la probabilidad de que la colisión potencial sea una colisión y, basándose en la probabilidad, determinar si debe responder y cómo responder.

En un ejemplo descrito anteriormente de la implementación del bloque 202, el periodo de
20 tiempo se define en el bloque 204 como un periodo de tiempo en torno a un tiempo en donde una aceleración total excede un umbral, lo que es un ejemplo de cómo puede obtenerse la información sobre un potencial colisión. En algunas realizaciones, el tiempo en donde una aceleración total excede un umbral puede desencadenar un análisis de un periodo de tiempo antes y después de ese tiempo, para identificar una aceleración total
25 máxima en el periodo de tiempo. Este periodo de tiempo puede ser igual o diferente que la duración del periodo de tiempo del bloque 204. En algunas de dichas realizaciones, una vez que se determina la aceleración total máxima en el periodo de tiempo, el periodo de tiempo del bloque 204 se define basándose en un tiempo asociado con esa aceleración total máxima, y los datos se obtienen en el bloque 206 para ese periodo de
30 tiempo.

La instalación de detección de colisión se describió en relación con los ejemplos de las FIGS. 1 y 2 como la implementación de técnicas de aprendizaje automático, utilizando un clasificador entrenado. Debería apreciarse que las realizaciones no están limitadas a implementar el clasificador entrenado o las técnicas de aprendizaje automático de
35 ninguna manera particular.

En algunas realizaciones, el aprendizaje automático puede implementarse usando una técnica de k vecinos más cercanos. k vecinos más cercanos (abreviado k -NN) es un ejemplo de aprendizaje basado en ejemplos. Esto significa que los datos de entrenamiento se almacenan con fines comparativos. Los nuevos datos se clasificarán teniendo en cuenta un número definido de los datos de entrenamiento más cercanos. El algoritmo k -NN se explica en el siguiente ejemplo mostrado en la FIG. 3A. El objetivo es determinar una clasificación del punto de datos "Nuevo" considerando qué tan similar es a sus vecinos en el gráfico. El punto de datos "Nuevo" se posiciona en el gráfico en coordenadas determinadas por uno o más valores de datos asociados con el punto de datos "Nuevo". La " k " en el algoritmo k vecinos cercanos se refiere a cuántos puntos de datos diferentes se eligen para la evaluación. Los puntos se eligen por tener una distancia lineal más cercana al punto de datos "Nuevo" en el gráfico. La FIG. 3A muestra dos opciones diferentes, una con $k=3$ y una con $k=6$. Cuando se consideran tres vecinos, se ve que dos de los tres son de clase "A", mientras que solo uno es de clase "B" y, por lo tanto, el punto de datos "Nuevo" se determinará como miembro de la clase "A". Por otro lado, en el ejemplo donde se consideran seis vecinos, solo dos de los seis son de clase "A", mientras que los otros cuatro son de clase "B". Como tal, para el ejemplo $k=6$, se elegirá la clase "B" para el punto de datos "Nuevo". k -NN es una buena opción para un clasificador entrenado para un pequeño conjunto de datos con pocas dimensiones, debido a su alta fiabilidad y simplicidad computacional en estas situaciones.

En otras realizaciones, se puede usar una técnica de Bosque Aleatorio (RF). RF pertenece a la categoría de aprendizaje automático llamada "árboles de decisión" y se puede aplicar a tareas de clasificación. Árboles bien avanzados que son la base del RF. Un modelo de RF se entrena creando un árbol de decisión que puede representar la mayoría de los datos de entrenamiento, creando rutas a través del árbol con respecto a etiquetas reflejadas en los datos de entrenamiento. El árbol se evaluará entonces para obtener nuevos datos de entrada y generará una etiqueta prevista al final de la ruta. La FIG. 3B muestra un pequeño árbol de decisión con cuatro ramas para clasificar flores específicas basadas en el largo y el ancho del sépalo de las flores.

Una ventaja de los árboles de decisión es la facilidad de entender el modelo. El espacio del predictor está segmentado en varias regiones simples que se pueden definir mediante reglas de división. Las reglas de división son el elemento básico de los árboles de decisión. Una desventaja de los árboles de decisión, sin embargo, es una precisión potencialmente deficiente y un alto riesgo de sobreajustar el árbol de decisión a los datos de entrenamiento. El "sobreajuste" puede ocurrir cuando se crea un árbol muy detallado

con cientos de nodos que funciona perfectamente en los datos de entrenamiento, pero tiene malos resultados cuando se aplica a datos que no están en el conjunto de entrenamiento.

Una modificación de un algoritmo de árbol de decisión estándar se denomina "Empaquetado". Este método utiliza, en lugar de un árbol de decisión, árboles de decisiones múltiples. En algunos casos, se pueden construir cientos de árboles de decisión independientes utilizando una muestra bootstrap del conjunto de datos. Para clasificar nuevos datos de entrada, los datos se procesan usando todos o varios de los árboles y se toma un voto mayoritario sobre las predicciones generadas. El empaquetado se puede usar para tareas de regresión y clasificación.

Añadiendo aún más aleatoriedad al empaquetado, se implementa un algoritmo de Bosques Aleatorios. En los árboles RF, cada árbol o cada nodo toma al azar varias características de los datos de entrada en consideración. La selección de características aleatorias crea independencia en torno a los árboles en comparación con el empaquetado regular. La mayoría de las veces el algoritmo obtiene mejores resultados que el empaquetado, debido a una mejor varianza y distorsiones de sesgo. Los árboles extremadamente aleatorios llevan esto aún más lejos.

En otras realizaciones, el clasificador entrenado se puede definir ventajosamente usando una red neuronal, tal como una red neuronal circunvolucional (CNN). Los inventores han reconocido y apreciado que, en algunos casos, una CNN puede proporcionar una mayor fiabilidad y precisión que otras técnicas de aprendizaje automático.

Las redes neuronales se implementan como modelos matemáticos que se ven como una especie de metáfora o simulación de las funciones de las neuronas de un cerebro orgánico. Algunas neuronas dentro de un cerebro realizan una tarea sencilla equivalente a emitir una señal eléctrica cuando la entrada a la neurona excede un umbral predeterminado. Warren McCulloch y Walter Pitts diseñaron el primer modelo computacional en 1943 que simulaba una neurona con la ayuda de las matemáticas y una lógica de umbral para la activación. La estructura básica de una neurona se muestra en la FIG. 3C. Las entradas $x_1, x_2, \dots, x_n$ se multiplican con pesos denominados $w_1, w_2, \dots, w_n$. Estos se añaden entonces junto con un nodo de sesgo llamado b . Este valor se pasa a través de una función de activación. El tipo de función elegida depende del caso de uso y la capa implementada. Una razón para añadir un sesgo es, por ejemplo, desplazar la función de activación, en cuyo caso solo los valores x producirán un resultado. El resultado puede representarse como un valor z con la siguiente fórmula:

$$z = b + \sum_{i=1}^n w_i x_i$$

La red neuronal tiene múltiples capas de neuronas conectadas, que representan complejas relaciones no lineales entre las entradas y los resultados. Una estructura de ejemplo de una red neuronal se muestra en la FIG. 3D. La arquitectura de una red neuronal totalmente conectada consiste en una capa de entrada, una capa oculta y una capa de salida. La cantidad de neuronas en cada capa se puede ajustar. Las redes neuronales prealimentadas son las más sencillas de su tipo moviéndose la información solamente en una dirección. El movimiento comienza desde los nodos de entrada, atraviesa las capas ocultas y termina en los nodos de salida. Al implementar múltiples capas ocultas, los NN son las denominadas Redes Neuronales Profundas (DNN) más comunes. El ejemplo de la FIG. 3D es una DNN.

La realización de dichos modelos complejos es posible a través de una gran potencia de computación y una cantidad suficiente de datos. El ajuste de los parámetros de la red influye en la lógica de activación detrás de cada neurona. Mientras se está entrenando a la red, el peso de cada neurona se ajusta para cumplir con una representación deseada del conjunto de datos proporcionado. Una técnica de entrenamiento, denominada gradiente descendente (GD), funciona al encontrar un mínimo de una función de coste de forma iterativa. Se define anteriormente una velocidad de aprendizaje y se especifica el tamaño que cada etapa tardará hasta el mínimo. Esto significa que una gran velocidad de aprendizaje puede terminar causando una optimización de rebote, mientras que, por otro lado, una velocidad de aprendizaje muy pequeña puede tardar mucho tiempo en llegar a la representación deseada. Durante el aprendizaje, se analiza un cambio en la función de coste en cada etapa. Una vez que la función de coste no disminuye (o no disminuye sustancialmente) y/o permanece en el mismo nivel, se determina que el problema ha confluído y que la NN está entrenada.

Las redes neuronales de entrenamiento pueden dar como resultado representaciones perfectas de los conjuntos de datos de entrenamiento proporcionados, lo que significa una mala precisión para el conjunto de datos de prueba. Una posibilidad de evitar que las redes neuronales se sobreajusten se denomina exclusión (dropout). Esta técnica reduce un número definido de neuronas dentro de la red. La exclusión se puede implementar en la última capa de la red o entre cada capa, por ejemplo.

Otra forma de mejorar la red es cambiar las funciones de activación. Cada neurona puede verse influenciada por diferentes tipos de funciones de activación. Un ejemplo

conocido es la función sigmoidea. El resultado de la función siempre está entre 0 y 1. La representación matemática es la siguiente:

$$f(t) = \frac{1}{1 + e^{-t}}$$

En otras capas, puede ser más ventajoso ganar solo valores que estén entre -1 y 1. Esta función de activación se puede realizar mediante la función hiperbólica tanh. Se representa por la siguiente fórmula:

$$\tanh(x) = \frac{2}{1 + e^{-2x}} - 1$$

Las funciones de saturación pueden generar problemas de optimización, ya que el gradiente es igual a 0 en valores x grandes y pequeños. Las funciones de activación no saturadas resuelven un gradiente de explosión o desvanecimiento y aceleran la velocidad de convergencia. La unidad lineal rectificadora, abreviada ReLU, es otra función de activación. Su resultado permanece en 0 para todos los valores negativos y no cambia para valores positivos. La función ReLU se representa por la siguiente fórmula matemática:

$$f(x) = \max(0, x)$$

Los primeros éxitos para resolver nuevas tareas complejas despejaron el camino para desarrollar nuevas categorías de redes neuronales. En comparación con las redes neuronales tempranas, los modelos disponibles en 2018 son mucho más avanzados y pueden sustituir cada vez más trabajo realizado por los seres humanos.

Cuando los datos de serie temporal se van a introducir en una red neuronal (tal como en algunas realizaciones descritas en el presente documento), esto puede presentar complejidades en las redes neuronales. Las NN sencillas de entrenamiento en datos de serie temporal serán ineficientes, porque la red ajustará sus parámetros en valores dados a etapas de tiempo específicas. En cambio, es más eficiente para la red buscar patrones en la estructura de los datos representados. Teniendo esto en cuenta, un tipo específico de red neuronal puede ser una opción ventajosa en algunas realizaciones.

Las redes neuronales circunvolucionales (CNN) son una subclase de redes neuronales. Con la cantidad de datos recopilados en algunos escenarios (por ejemplo, para el reconocimiento de imágenes), una red neuronal puede volverse muy compleja y difícil de entrenar. Las CNN pueden producir precisiones muy cercanas y utilizar menos conexiones y parámetros. Esto las hace muy potentes y más fáciles de entrenar.

La principal diferencia entre una CNN y una NN estándar es que la suma presentada en la fórmula neuronal para la NN se sustituye por una operación circunvolucional. Estas capas se llaman capas circunvolucionales. Además, las CNN suelen tener capas que reducen la resolución de los datos, a las que se hace referencia como capas de agrupamiento. La arquitectura de la red está separada en, al menos, capas circunvolucionales, capas de agrupamiento y una capa de salida.

Las capas circunvolucionales determinan qué entradas se introducen en cada neurona, potencialmente con la ayuda de filtros que aplican parámetros de filtro. Estos filtros se pueden construir usando diferentes tamaños, definidos por una variable de núcleo. El propósito de un filtro es evaluar los datos y multiplicar cada parámetro de filtro con un valor respectivo en la entrada, que puede considerarse similar a la multiplicación de matrices elemento a elemento.

El filtro típicamente creará exactamente un resultado para cada porción de datos de entrada. La manera en que el filtro evalúa los datos de entrada puede definirse cambiando el "valor de paso". Una paso de 1 significa que el filtro mueve un valor de datos a la vez. El resultado de todas las operaciones crea nuevos datos que tienen el mismo tamaño de datos que los datos de entrada. Un ejemplo de filtro con las dimensiones 3 x 3 se muestra en la FIG. 3E. Los parámetros en el interior de los filtros se eligen al azar antes de entrenar la red.

La FIG. 3F representa un dato de entrada que tiene dimensiones de 32 x 32 x 3. Los datos de entrada tienen dimensiones de datos de 32 x 32 x 3. El filtro se define con dimensiones de 5 x 5 x 3, y se muestra en la FIG. 3F en el medio de los datos de entrada. El filtro circunvoluciona por la imagen con etapas definidas, denominados pasos, para procesar cada agrupamiento de datos de entrada con el filtro. Como en este caso el filtro solo se mueve una etapa a la vez, el paso es igual a uno. El resultado será del tamaño 28 x 28 veces la cantidad de filtros utilizados. En este ejemplo, se usan 5 filtros. Por lo tanto, el resultado será 28 x 28 x 5. En esta primera capa, cada filtro incluirá 76 parámetros, resultado de las dimensiones de tamaño 5 * 5 * 3 y un parámetro de sesgo. Esto se suma a un total de 380 parámetros utilizados en cinco filtros. Entrenar a la red significará cambiar los valores de los 380 parámetros de forma que la red pueda diferenciar mejor los diferentes datos etiquetados.

El resultado de cada neurona en las CNN puede depender también del tipo de función de activación utilizada. La función de activación tanh, analizada anteriormente, converge mucho más lentamente durante el entrenamiento, debido a la saturación no lineal. Las

ReLU pueden mostrar un entrenamiento más rápido. Como resultado, puede ser ventajoso usar ReLU como la función de activación en algunas o en todas las capas, o en algunas realizaciones en todas las capas excepto en la última capa.

Las capas circunvolucionales a menudo van seguidas de capas de agrupamiento, que disminuyen la resolución de los datos. Un ejemplo se muestra en la FIG. 3G, con una capa de agrupación que realiza una reducción de valores de 2 x 2 a un solo valor, para reducir los datos globales de las dimensiones de 4 x 4 a las dimensiones de 3 x 3. Esto se hace escogiendo el valor máximo de los 4 valores identificados por un concentrador. Otras técnicas de agrupamiento toman el promedio de todos los valores de reducción. Este patrón de capas circunvolucionales y una capa de agrupamiento a continuación puede repetirse varias veces en las arquitecturas de algunas realizaciones.

La última capa, llamada capa de salida, aplanará los datos y usará cada valor de datos como una entrada para una capa de red neuronal completamente conectada, que es una capa común de una NN, como se ha analizado anteriormente. Se puede usar una función de activación SoftMax para asegurarse de que, para un problema de clasificación, las diferentes probabilidades de predicción para diferentes clases se sumen a 1. La representación matemática de este método se representa mediante la siguiente fórmula:

$$\sigma(z)_j = \frac{e^{z_j}}{\sum_{k=1}^m e^{z_k}}$$

La FIG. 3H muestra un ejemplo de una arquitectura CNN con dos capas circunvolucionales y dos capas de agrupamiento.

Para entrenar una CNN, se puede usar una técnica llamada descenso de gradiente estocástico de lotes pequeños. El método se puede describir en 4 etapas que están secuenciadas en cada iteración:

- 1) Tomar una muestra de datos, definida como lote
- 2) Propagar la entrada a través de la red para recibir la pérdida
- 3) Usar retropropagación para calcular el gradiente
- 4) Actualizar los parámetros por una tasa de aprendizaje definida usando el gradiente

Este procedimiento se repite para todos los lotes. Las épocas que también se definieron antes de establecer la cantidad de entrenamiento de la red neuronal también se pueden utilizar para entrenar sucesivamente la red en los datos de entrada, siendo una época un pase completo de todos los datos de entrenamiento a través de la CNN. En particular, en

cada iteración de una época, se procesa una cantidad de muestras de datos de entrenamiento igual a un tamaño de lote. Una época puede incluir múltiples iteraciones, para procesar todos los datos de entrenamiento durante la época. Al entrenar la red neuronal en múltiples épocas, los datos de entrenamiento se pueden introducir a la red neuronal varias veces.

En algunas realizaciones operativas de acuerdo con las técnicas descritas en el presente documento, se puede entrenar una CNN (por ejemplo, usando gradiente descendente u otra técnica) para identificar diferentes clases de datos de vehículos, asociados con la existencia de una colisión y/o con diferentes características de colisiones (por ejemplo, gravedad, ángulo de impacto, etc.). En algunas de tales realizaciones, se puede elegir un tamaño de lote de 150, y la CNN se puede entrenar durante 200 épocas. La CNN de algunas realizaciones puede incluir una capa de entrada seguida de cuatro conjuntos de capas, donde cada conjunto incluye dos capas circunvolucionales seguidas de una capa de agrupación que reduce las dimensiones de los datos en dos y una excepción del 25% para mitigar el riesgo de sobreajuste, y una capa de salida totalmente conectada que aplanar y combina todas las dimensiones con una función SoftMax para garantizar que las probabilidades para el conjunto de clases/predicciones se sumen a 1.

Las CNN se usan principalmente en problemas de clasificación de imágenes. Dichas redes están configuradas para su uso con datos (por ejemplo, píxeles de imagen) con posiciones definidas. Al transferir este pensamiento a una serie temporal, la serie temporal también tiene valores que suceden hasta cierto punto en el tiempo. Esto puede crear un requisito, sin embargo, de que la serie temporal se muestree uniformemente, para tener posiciones fijas en el tiempo. En algunas realizaciones, los datos de entrada pueden incluir una serie de tiempo con cinco dimensiones (aceleración en x, y, z; magnitud de aceleración total; y velocidad) que tienen cada una valores cada 10 ms durante un intervalo de tiempo de 20 segundos. La CNN puede entrenarse con estos datos para encontrar patrones automáticamente, que pueden usarse para clasificar otros datos.

Al implementar la circunvolución, es posible circunvolucionar a lo largo de la serie temporal con un filtro unidimensional que creará otra serie temporal. En algunas realizaciones, el filtro puede elegirse para tener un tamaño de núcleo de 5. Esto significa que el filtro considerará cinco etapas, lo que es igual a 50 ms sobre la serie temporal. Dado que los datos de entrada tienen cinco canales (la aceleración en x, y, z; la magnitud; y la velocidad), el filtro de este ejemplo será de tamaño 5 x 5. Esto significa que cada filtro contiene 25 parámetros, que se pueden inicializar con un número aleatorio

y cambiar a través del proceso de entrenamiento. Una fórmula para calcular el número de parámetros por capa puede ser la siguiente:

$$\text{param_total_por_capa} = (\text{anchura_filtro} * \text{canales} + 1) * \text{número_de_filtros}$$

El número uno que se añade dentro del paréntesis representa un sesgo que se incluye en cada neurona.

El proceso de circunvolución sobre la serie temporal se describe en la FIG. 3I para la primera capa circunvolucional. El filtro que comienza desde la izquierda con el tamaño 5 x 5 realiza una multiplicación por elementos y escribe el resultado en la siguiente serie temporal más adelante. Con un relleno definido como el mismo, el tamaño de la serie temporal que se crea será igual al original. Esto se hace añadiendo ceros al final de la serie temporal y también circunvolucionando sobre estos. Al usar 18 filtros, el resultado resultante será una serie temporal de 2.000 etapas con 18 canales.

La cantidad de filtros elegidos determinará la cantidad de canales nuevos para la entrada de la siguiente capa. En algunas realizaciones, se pueden elegir 18 filtros para la primera capa. Esto significa que la segunda capa circunvolucional tomará una serie temporal como entrada que consiste en 18 dimensiones. Al usar otro tamaño de núcleo de 5, se creará un nuevo filtro que tendrá dimensiones de 5 x 18. Para este filtro, se entrenan 90 parámetros para cada filtro.

Como se ha analizado anteriormente, en algunas realizaciones, la arquitectura CNN puede incluir cuatro partes, en donde cada una tiene una capa circunvolucional unidimensional seguida por otra capa circunvolucional unidimensional sin disminuir el tamaño de etapa y, después de estas dos capas, una capa de agrupamiento que disminuye el tamaño de etapa en dos y la adición de una excepción del 25% que evita que la red se sobreajuste. Estas cuatro partes están conectadas en secuencia y se alimentan en una capa completamente conectada que combina todas las dimensiones y un SoftMax devuelve tres predicciones para las tres clases definidas.

La FIG. 4 ilustra una técnica que puede implementarse en algunas realizaciones para entrenar una red neuronal (por ejemplo, una CNN) para implementar un clasificador que puede ser utilizado por una instalación de detección de colisión, de acuerdo con las técnicas descritas en el presente documento.

El proceso 400 de la FIG. 4 puede realizarse durante una fase de configuración, en donde una instalación de detección de colisión está configurada antes del uso, tal como en el proceso 200 de la FIG. 2. La configuración puede realizarse por un administrador,

como un administrador humano, configurando el sistema de detección de colisión para el uso posterior.

El proceso 400 de la FIG. 4 comienza en el bloque 402, en donde se obtienen datos que describen vehículos que se mueven en movimientos normales y/o datos que describen vehículos en colisión. Los datos que describen movimientos normales se pueden usar para entrenar a un clasificador para reconocer datos que están asociados con movimientos que no son colisiones, para definir una o más clases asociadas con la conducción normal o de otro modo no colisiones. Los datos que describen vehículos implicados en colisiones se pueden usar para entrenar al clasificador para reconocer datos que están asociados con colisiones o con diferentes tipos de colisiones, tal como colisiones de diferentes gravedades o colisiones con diferentes ángulos de impacto. Los datos que se obtienen en el bloque 402 pueden incluir datos de aceleración u otros movimientos de datos de movimiento descritos anteriormente (magnitud de aceleración total, velocidad), u otros datos que describen un vehículo (por ejemplo, datos de ECU o OBD). Los datos que se obtienen pueden ser durante un periodo de tiempo que coincida con el periodo de tiempo utilizado por la instalación de detección de colisión (por ejemplo, que se definió en el bloque 204 de la FIG. 2).

Los datos obtenidos en el bloque 400 pueden no ser datos etiquetados o curados, y pueden no disponerse de manera que un clasificador pueda ser entrenado claramente. Por ejemplo, los datos pueden mezclarse entre sí, con datos para diferentes escenarios no etiquetados o diferenciados. Para entrenar al clasificador, puede ser útil al menos diferenciar y entrenar los datos, ya que puede haber algunas ventajas en el entrenamiento supervisado o semi-supervisado en lugar de depender únicamente del aprendizaje no supervisado.

Por consiguiente, en el bloque 402, los datos que describen los vehículos implicados en colisiones pueden separarse en el bloque 404, de manera que los datos asociados con los diferentes escenarios de colisión están separados. Este proceso puede ser manual o automático, dependiendo de los datos disponibles como base para realizar una diferenciación. Los datos no asociados con colisiones pueden no diferenciarse en algunas realizaciones, lo que da como resultado que se entrene una clase que tenga características para todos los diferentes tipos de movimientos normales. Sin embargo, en otras realizaciones, se pueden definir diferentes clases de no colisiones para ayudar a identificar de manera más fiable las no colisiones.

Una vez que los datos se separan en el bloque 404, en el bloque 406 las diferentes

categorías de colisiones u otra información pueden etiquetarse con si reflejasen una colisión o características del tipo de colisión que reflejan (por ejemplo, gravedad, ángulo de impacto). En el bloque 408, los datos etiquetados pueden ser separados en grupos por un motor de aprendizaje automático y características identificadas con cada grupo identificado por el motor de aprendizaje automático, para definir los grupos y definir las clases. Son estas características las que luego se usarán para comparar posteriormente los datos de una sospecha de colisión con una clase, buscando una posible coincidencia entre los datos. Para repetir un ejemplo anterior, una colisión trasera directa puede incluir movimientos que son principalmente movimientos hacia adelante y hacia atrás, mientras que una colisión en donde el vehículo es golpeado de costado por otro vehículo puede asociarse principalmente con datos de movimiento de derecha a izquierda. El clasificador entrenado puede sacar estas mismas conclusiones, basándose en los datos etiquetados del bloque 406, al observar que la colisión trasera está asociada en gran medida con los datos de movimiento hacia adelante y hacia atrás, mientras que una colisión lateral está asociada en gran medida con datos de derecha a izquierda.

Basándose en estos parámetros aprendidos de cada uno de los grupos, se crea un clasificador entrenado que incluye cada una de las clases definidas a partir de los grupos. El clasificador entrenado puede entonces ser utilizado por una instalación de detección de colisión, tal como de la manera descrita anteriormente.

Aunque no se ha analizado anteriormente en relación con la FIG. 4, debe apreciarse que será ventajoso si, cuando se obtienen datos de movimiento en el bloque 402, es decir, durante un periodo de tiempo, los datos incluyeran muestras generadas en la misma escala de tiempo (por ejemplo, el mismo intervalo), y sobre el mismo periodo de tiempo, como los datos que serán recopilados por una instalación de detección de colisión para una sospecha de colisión. Incluir los datos para el mismo periodo de tiempo y para el mismo intervalo puede facilitar la clasificación de la entrada de datos para una sospecha de colisión, ya que los datos de entrada se alinearán temporalmente con el entrenamiento del clasificador. En algunas realizaciones, el periodo de tiempo puede ser de 20 segundos y la velocidad de muestreo para los datos de movimiento puede ser de 10 ms, lo que significa que hay 100 muestras por segundo.

En algunos casos, los datos que se obtienen en el bloque 402 a usar en el entrenamiento de un sistema pueden no alinearse de esta manera con los datos que se recopilarán por una instalación de detección de colisión. Por ejemplo, los datos pueden ser para un periodo de tiempo más corto o más largo, o pueden incluir muestras generadas en un intervalo diferente. Por lo tanto, los datos de movimiento pueden prepararse para el

entrenamiento en algunas realizaciones, generando datos para el mismo periodo de tiempo y en el mismo intervalo. Si los datos de entrada son para un periodo de tiempo más largo, los datos pueden truncarse para coincidir con la duración del periodo de tiempo deseado. Si el periodo de tiempo es más corto, se pueden generar datos adicionales al interpolar los datos disponibles. Como otro ejemplo, si los datos de entrada incluyen muestras en un intervalo diferente al de los datos que luego serán recopilados por una instalación de detección de colisión, tal como una velocidad de muestreo más lenta o más rápida, los datos de entrada se muestrearán y/o interpolarán para generar datos en los intervalos de tiempo deseados y durante el periodo de tiempo deseado. Por ejemplo, los puntos de datos en los datos de entrada que son adyacentes a un momento en donde se desea un punto de datos (durante un tiempo que se alinea con la tasa de muestreo deseada), se interpolarán para generar el punto de datos deseado.

En algunas realizaciones, se usa un alineamiento temporal dinámico (DTW) para procesar datos de la serie temporal de entrada y prepararlos para el análisis usando el clasificador entrenado.

En algunas realizaciones, las magnitudes de los puntos de datos de entrada también se pueden normalizar en base a la escala de los datos de entrenamiento de entrada, para producir valores que están en una escala similar.

De esta manera, un clasificador se puede entrenar basándose en los datos de colisión para generar información sobre si se ha producido una colisión y, de ser así, una o más características de esa colisión.

Las FIGS. 5A-5E ilustran ejemplos de datos con los que pueden funcionar algunas realizaciones, como un ejemplo de cómo las técnicas descritas en el presente documento pueden implementarse en algunas realizaciones.

Las FIGS. 5A-5C ilustran ejemplos de gráficos de datos de movimiento que se pueden usar para entrenar un clasificador o que se pueden comparar con un clasificador entrenado para determinar si ocurrió una colisión y/o para caracterizar la colisión. El ejemplo de la FIG. 5A está asociado con colisiones en donde un vehículo es golpeado por detrás o golpea un objeto (por ejemplo, otro vehículo, o un obstáculo) directamente con su extremo frontal. Estas son colisiones hacia adelante y hacia atrás. El gráfico de la FIG. 5A incluye líneas para aceleraciones en las direcciones x (adelante-atrás), y (derecha-izquierda), y z (arriba-abajo) para el vehículo, así como una magnitud de aceleración total en un tiempo ("vec"), y una velocidad v. El eje x de este gráfico es un periodo de tiempo para una colisión, tal como el periodo de tiempo analizado

anteriormente en relación con el bloque 204 de la FIG. 2, representando el tiempo entre cada punto el intervalo de muestreo. Como se puede ver en los gráficos de las aceleraciones x, y y z, la colisión incluía una pequeña aceleración y (derecha-izquierda) o z (arriba-abajo) y en su lugar consiste en gran parte en aceleración negativa (desaceleración) en la dirección x (adelante-atrás). Esto se debe a que, en una colisión típica adelante-atrás como una posterior, la mayor parte del cambio en la aceleración es en la dirección adelante-atrás. El clasificador puede aprender ese patrón y posteriormente identificar situaciones en donde el cambio en la aceleración se produce en gran parte en la dirección x como colisiones adelante-atrás, de tipo posterior.

La FIG. 5B ilustra un ejemplo de un gráfico en donde un vehículo ha sido golpeado desde un ángulo, no adelante-atrás. El gráfico de la FIG. 5B incluye las mismas líneas para las mismas variables que el gráfico de la FIG. 5A. El gráfico de la FIG. 5B demuestra que en colisiones en ángulo, hay cambio en la aceleración tanto en la dirección x (adelante-atrás) como en la dirección y (derecha-izquierda), aunque hay pocos cambios en la dirección z (arriba-abajo).

La FIG. 5C ilustra un ejemplo de un gráfico en el cual un vehículo, como parte de una colisión, se salió de la carretera. El gráfico de la FIG. 5C incluye las mismas líneas para las mismas variables que los gráficos de las FIGS. 5A y 5B. Como se puede ver en el gráfico de la FIG. 5C, cuando el vehículo sale de la carretera, puede haber cambios sustanciales no solo en las direcciones x e y, sino también en la dirección z (arriba-abajo). En cada una de estas líneas, hay un cambio sustancial en el tiempo, lo que demuestra que el vehículo se movió bastante como parte de este accidente.

Los datos para diferentes formas de colisiones se ilustran en la FIG. 5D, formateados como un diagrama de dispersión basado en las aceleraciones x e y, indicando el color del punto el tipo de accidente e indicando el tamaño del punto la velocidad. Una colección de puntos azules brillantes se extiende por la mitad del gráfico, se agrupa en una banda en torno al valor 0 en el eje y, pero se extiende a lo largo del eje x. Estos son puntos asociados con diferentes colisiones adelante-atrás, lo que confirma de nuevo que una colisión adelante-atrás tiene pocos cambios en la dirección y (derecha-izquierda). Los puntos verdes, sin embargo, muestran valores variables para el cambio en la dirección y (derecha-izquierda) y están todos asociados con el cambio negativo (desaceleración) en la dirección x (adelante-atrás). Estos son puntos asociados con los impactos en ángulo, donde hay un cambio sustancial en la dirección derecha-izquierda y el vehículo se ralentiza sustancialmente en la dirección adelante-atrás.

Como se ha analizado anteriormente, intentar detectar o caracterizar una colisión utilizando solo datos de aceleración de un solo punto durante un accidente no es fiable. El uso de técnicas descritas en el presente documento, que obtienen información de movimiento longitudinal durante un periodo de tiempo en torno a un evento asociado con una sospecha de colisión, u otra información obtenida para un vehículo durante ese periodo de tiempo, puede ser altamente fiable. La FIG. 5E muestra una tabla que demuestra esta alta fiabilidad, con bajas posiciones falsas o falsos negativos. En el gráfico, una categoría "1" no es una colisión, una categoría "2" es una colisión adelante-atrás, y una categoría "3" es una colisión de impacto en ángulo. El gráfico muestra las predicciones generadas por un sistema entrenado usando los datos de la FIG. 5D, en comparación con el escenario real. Como se muestra en el gráfico, el clasificador entrenado determinará con precisión, en el 98,7 % de los casos, que no se produjo una colisión cuando, en realidad, no hubo colisión. El clasificador nunca identifica los datos relacionados con una no colisión como una colisión de impacto en ángulo, y solo el 1,3 % de las veces identifica incorrectamente la no colisión como una colisión adelante-atrás. De manera similar, el clasificador entrenado identifica adecuadamente, en el 95,6% de los casos, que una colisión adelante-atrás es una colisión adelante-atrás, y el resto de los casos se limita a identificar erróneamente el escenario como no colisión. Por último, el clasificador entrenado concluye correctamente, en el 98,2 % de los casos, que una colisión de impacto en ángulo es una colisión de impacto en ángulo, con las identificaciones erróneas repartidas uniformemente, en menos del 1% de los casos, entre no colisiones y colisiones adelante-atrás.

Por consiguiente, el sistema entrenado es altamente fiable para determinar si ocurrió una colisión y, de ser así, para caracterizar un ángulo de impacto de la colisión. La instalación de detección de colisión de algunas formas de realización descritas en el presente documento puede, por lo tanto, usarse de forma fiable para determinar si se ha producido una colisión y, en caso afirmativo, las características de la colisión, para determinar una respuesta apropiada a la colisión.

Las técnicas operativas de acuerdo con los principios descritos en el presente documento pueden implementarse de cualquier manera adecuada. En el análisis anterior se incluyen una serie de diagramas de flujo que muestran las etapas y actos de diversos procesos que determinan si se produjo una colisión y/o, de ser así, caracterizar una colisión. Los bloques de procesamiento y decisión de los diagramas de flujo anteriores representan etapas y actos que pueden incluirse en los algoritmos que realizan estos diversos procesos. Los algoritmos derivados de estos procesos pueden implementarse como

software integrado y dirigir el funcionamiento de uno o más procesadores con un solo propósito o para múltiples propósitos, pueden implementarse como circuitos funcionalmente equivalentes, como un circuito de procesamiento digital de señal (DSP) o una aplicación integrada específica de aplicación (ASIC), o pueden implementarse de cualquier otra manera adecuada. Debe apreciarse que los diagramas de flujo incluidos en el presente documento no representan la sintaxis ni el funcionamiento de ningún circuito en particular o de ningún lenguaje de programación particular o tipo de lenguaje de programación. Más bien, los diagramas de flujo ilustran la información funcional que un experto en la técnica puede usar para fabricar circuitos o para implementar algoritmos de software informático para realizar el procesamiento de un aparato particular que realiza los tipos de técnicas descritas en el presente documento. También debería apreciarse que, a menos que se indique otra cosa en el presente documento, la secuencia particular de etapas y/o actos descritos en cada diagrama de flujo es meramente ilustrativa de los algoritmos que pueden implementarse, y puede variarse en implementaciones y realizaciones de los principios descritos en el presente documento.

Por consiguiente, en algunas realizaciones, las técnicas descritas en el presente documento pueden incorporarse en instrucciones ejecutables por ordenador implementadas como software, incluyendo como software de aplicación, software de sistema, firmware, middleware, código incrustado o cualquier otro tipo adecuado de código informático. Dichas instrucciones ejecutables por ordenador se pueden escribir usando cualquiera de varios lenguajes de programación y/o herramientas de programación o secuencias de comandos, y también se pueden compilar como código de lenguaje de máquina ejecutable o código intermedio que se ejecuta en un marco o máquina virtual.

Cuando las técnicas descritas en el presente documento se incorporan como instrucciones ejecutables por ordenador, estas instrucciones ejecutables por ordenador pueden implementarse de cualquier manera adecuada, incluyendo como varias instalaciones funcionales, cada una proporcionando una o más operaciones para completar la ejecución de algoritmos que funcionan de acuerdo con estas técnicas. Sin embargo, una "instalación funcional", independientemente del ejemplo, es un componente estructural de un sistema informático que, cuando se integra con, y ejecuta por uno o más ordenadores, hace que el uno o más ordenadores desempeñen un papel operativo específico. Una instalación funcional puede ser una porción de o un elemento de software completo. Por ejemplo, una instalación funcional puede implementarse en función de un proceso, o como un proceso discreto, o como cualquier otra unidad de

procesamiento adecuada. Si las técnicas descritas en el presente documento se implementan como instalaciones funcionales múltiples, cada instalación funcional se puede implementar de manera propia; no es necesario que todas se implementen de la misma manera. Además, estos recursos funcionales se pueden ejecutar en paralelo y/o en serie, según corresponda, y pueden pasar información entre ellos utilizando una memoria compartida en el ordenador u ordenadores en donde se están ejecutando, utilizando un protocolo de paso de mensajes, o en cualquier otra forma adecuada.

Generalmente, las instalaciones funcionales incluyen rutinas, programas, objetos, componentes, estructuras de datos, etc. que realizan tareas particulares o implementan tipos de datos abstractos particulares. Típicamente, la funcionalidad de las instalaciones funcionales se puede combinar o distribuir como se desee en los sistemas en donde operan. En algunas implementaciones, una o más instalaciones funcionales que realizan las técnicas en el presente documento pueden formar juntas un paquete de software completo. Estas instalaciones funcionales pueden estar adaptadas, en realizaciones alternativas, para interactuar con otras instalaciones y/o procesos funcionales no relacionados, para implementar una aplicación de programa de software.

Algunas instalaciones funcionales ejemplares se han descrito en el presente documento para realizar una o más tareas. Debe apreciarse, sin embargo, que las instalaciones funcionales y la división de tareas descritas son meramente ilustrativas del tipo de instalaciones funcionales que pueden implementar las técnicas ejemplares descritas en el presente documento, y que las realizaciones no están limitadas a implementarse en ningún número específico, división, o tipo de instalaciones funcionales. En algunas implementaciones, toda la funcionalidad puede implementarse en una sola instalación funcional. También debería apreciarse que, en algunas implementaciones, algunas de las instalaciones funcionales descritas en el presente documento pueden implementarse junto con o separadas de otras (es decir, como una única unidad o unidades separadas), o algunas de estas instalaciones funcionales pueden no implementarse.

Las instrucciones ejecutables por ordenador que implementan las técnicas descritas en el presente documento (cuando se implementan como una o más instalaciones funcionales o de cualquier otra manera) pueden codificarse, en algunas realizaciones, en uno o más medios legibles por ordenador para proporcionar funcionalidad a los medios. Los medios legibles por ordenador incluyen medios magnéticos tales como una unidad de disco duro, medios ópticos tales como un disco compacto (CD) o un disco digital versátil (DVD), una memoria en estado sólido persistente o no persistente (por ejemplo, memoria Flash, RAM magnética, etc.) o cualquier otro medio de almacenamiento adecuado. Tal medio legible

por ordenador puede implementarse de cualquier manera adecuada, incluyendo como el medio de almacenamiento legible por ordenador 606 de la FIG. 6 que se describe a continuación (es decir, como una porción de un dispositivo informático 600) o como un medio de almacenamiento separado independiente. Como se usa en el presente documento, "medios legibles por ordenador" (también denominados "medios de almacenamiento legibles por ordenador") se refiere a medios de almacenamiento tangibles. Los medios de almacenamiento tangibles no son transitorios y tienen al menos un componente físico y estructural. En un "medio legible por ordenador", como se usa en el presente documento, al menos un componente estructural físico tiene al menos una propiedad física que puede alterarse de algún modo durante un proceso de creación del medio con información incrustada, un proceso de grabación de información en el mismo, o cualquier otro proceso de codificación del medio con información. Por ejemplo, un estado de magnetización de una porción de una estructura física de un medio legible por ordenador puede alterarse durante un proceso de grabación.

En algunas, pero no todas, las implementaciones en donde las técnicas pueden incorporarse como instrucciones ejecutables por ordenador, estas instrucciones se pueden ejecutar en uno o más dispositivos informáticos adecuados que funcionan en cualquier sistema informático adecuado, incluido el sistema informático ejemplar de la FIG. 1, o uno o más dispositivos informáticos (o uno o más procesadores de uno o más dispositivos informáticos) pueden programarse para ejecutar las instrucciones ejecutables por ordenador. Se puede programar un dispositivo informático o procesador para ejecutar instrucciones cuando las instrucciones se almacenan de manera accesible para el dispositivo informático o procesador, tal como en un almacén de datos (por ejemplo, un caché en el chip o registro de instrucciones, un medio de almacenamiento legible por ordenador accesible a través de un bus, un medio de almacenamiento legible por ordenador accesible a través de una o más redes y accesible por el dispositivo/procesador, etc.). Las instalaciones funcionales que comprenden estas instrucciones ejecutables por ordenador pueden integrarse y dirigir el funcionamiento de un único dispositivo informático digital programable multipropósito, un sistema coordinado de dos o más dispositivos informáticos multipropósito que comparten potencia de procesamiento y realizar conjuntamente las técnicas descritas en el presente documento, un único dispositivo informático o sistema coordinado de dispositivos informáticos (cubicados o distribuidos geográficamente) dedicados a ejecutar las técnicas descritas en el presente documento, una o más matrices de puertas de campo programables (FPGA) para realizar las técnicas descritas en el presente documento, o cualquier otro sistema adecuado.

La FIG. 6 ilustra una implementación ejemplar de un dispositivo informático en forma de un dispositivo informático 600 que puede usarse en un sistema que implementa técnicas descritas en el presente documento, aunque otras son posibles. Debería apreciarse que la FIG. 6 no pretende ser una representación de los componentes necesarios para que un dispositivo informático opere una instalación de detección de colisión de acuerdo con los principios descritos en el presente documento, ni una representación completa.

El dispositivo informático 600 puede comprender al menos un procesador 602, un adaptador de red 604, y un medio de almacenamiento legible por ordenador 606. El dispositivo informático 600 puede ser, por ejemplo, un ordenador personal de escritorio o portátil, un asistente digital personal (PDA), un teléfono móvil inteligente, un servidor, o cualquier otro dispositivo informático adecuado. El adaptador de red 604 puede ser cualquier hardware y/o software adecuado para permitir que el dispositivo informático 600 se comuniquen por cable y/o de forma inalámbrica con cualquier otro dispositivo informático adecuado a través de cualquier red informática adecuada. La red informática puede incluir puntos de acceso inalámbrico, conmutadores, enrutadores, puertas de enlace y/u otros equipos de red, así como cualquier medio o medio de comunicación adecuado cableado o inalámbrico para intercambiar datos entre dos o más ordenadores, incluyendo Internet. Los medios legibles por ordenador 606 se pueden adaptar para almacenar datos a procesar y/o instrucciones a ejecutar por el procesador 602. El procesador 602 permite el procesamiento de datos y la ejecución de instrucciones. Los datos y las instrucciones se pueden almacenar en los medios de almacenamiento legibles por ordenador 606.

Los datos e instrucciones almacenados en los medios de almacenamiento legibles por ordenador 606 pueden comprender instrucciones ejecutables por ordenador que implementan técnicas que operan de acuerdo con los principios descritos en el presente documento. En el ejemplo de la FIG. 6, los medios de almacenamiento legibles por ordenador 606 almacenan instrucciones ejecutables por ordenador que implementan diversas instalaciones y almacenan diversa información como se ha descrito anteriormente. Los medios de almacenamiento legibles por ordenador 606 pueden almacenar una instalación de detección de colisión 608, un clasificador entrenado 610 para la instalación 608 (incluyendo definiciones de clases para el clasificador), y datos 612 que incluyen datos de vehículo y datos de colisión, que pueden recopilarse para una colisión sospechosa y analizarse por la instalación de detección de colisión 608 y/o usarse para entrenar el clasificador 610 para uso posterior en el análisis de datos con respecto a una colisión sospechosa.

Aunque no se ilustra en la FIG. 6, un dispositivo informático puede tener adicionalmente uno o más componentes y periféricos, incluidos dispositivos de entrada y salida. Estos dispositivos se pueden usar, entre otras cosas, para presentar una interfaz de usuario. Los ejemplos de dispositivos de salida que se pueden usar para proporcionar una interfaz de usuario incluyen impresoras o pantallas de visualización para la presentación visual de salida y altavoces u otros dispositivos de generación de sonido para la presentación audible de salida. Los ejemplos de dispositivos de entrada que pueden utilizarse para una interfaz de usuario incluyen teclados y dispositivos señaladores, tales como ratones, almohadillas táctiles y tabletas digitalizadoras. Como otro ejemplo, un dispositivo informático puede recibir información de entrada a través del reconocimiento de voz o en otro formato audible.

Se han descrito realizaciones donde las técnicas se implementan en circuitos y/o instrucciones ejecutables por ordenador. Debería apreciarse que algunas realizaciones pueden estar en forma de un método, del cual se ha proporcionado al menos un ejemplo. Los actos realizados como parte del método pueden ordenarse de cualquier manera adecuada. Por consiguiente, pueden construirse realizaciones en donde los actos se realizan en un orden diferente al ilustrado, lo que puede incluir realizar algunos actos simultáneamente, aunque se muestren como actos secuenciales en realizaciones ilustrativas.

Diversos aspectos de las realizaciones descritas anteriormente pueden usarse solos, en combinación, o en una diversidad de disposiciones no analizadas específicamente en las realizaciones descritas anteriormente y, por lo tanto, no están limitadas en su aplicación a los detalles y la disposición de los componentes expuestos en la descripción anterior o ilustrada en los dibujos. Por ejemplo, los aspectos descritos en una realización se pueden combinar de cualquier manera con los aspectos descritos en otras realizaciones.

El uso de términos ordinales tales como "primero", "segundo", "tercero", etc., en las reivindicaciones para modificar un elemento de reivindicación no connota por sí mismo ninguna prioridad, precedencia u orden de un elemento de reivindicación sobre otro o el orden temporal en que se realizan los actos de un método, pero se usan meramente como etiquetas para distinguir un elemento de reivindicación que tiene un nombre determinado de otro elemento que tiene el mismo nombre (pero para el uso del término ordinal) para distinguir los elementos de reivindicación.

Además, la fraseología y la terminología utilizadas en el presente documento son para fines de descripción y no deben considerarse como limitantes. El uso de "que incluye",

"que comprende", "que tiene", "que contiene", "que implica", y variaciones de los mismos en el presente documento, pretende incluir los elementos enumerados a continuación y equivalentes de los mismos, así como elementos adicionales.

5 La palabra "ejemplar" se usa en el presente documento para referirse a que sirve como ejemplo, caso o ilustración. Cualquier realización, implementación, proceso, característica, etc. descrita en el presente documento como ejemplo, debe entenderse, por lo tanto, como un ejemplo ilustrativo, y no debe entenderse como un ejemplo preferido o ventajoso a menos que se indique otra cosa.

10 Habiendo descrito de este modo varios aspectos de al menos una realización, debe apreciarse que los expertos en la técnica podrán realizar fácilmente diversas alteraciones, modificaciones y mejoras. Dichas alteraciones, modificaciones y mejoras pretenden ser parte de esta divulgación, y están destinadas a estar dentro del espíritu y el alcance de los principios descritos en el presente documento. Por consiguiente, la descripción y los dibujos anteriores son solo a modo de ejemplo.

15

REIVINDICACIONES

1. Un método que comprende:

en respuesta a la obtención de información sobre una colisión potencial entre un vehículo y un objeto,

5 obtener, durante un periodo de tiempo que se extiende antes y después de un momento de la colisión potencial, datos que describen el vehículo durante el periodo de tiempo, incluyendo los datos que describen el vehículo durante el periodo de tiempo, para cada momento de una pluralidad de veces dentro del periodo de tiempo, datos de aceleración que indican la aceleración del vehículo en ese momento y la velocidad del vehículo en
10 ese momento;

clasificar, usando al menos un clasificador entrenado, los datos que describen el vehículo en al menos una de una pluralidad de clases, estando asociada cada clase de la pluralidad de clases con si se produjo una colisión; y

determinar si es probable que la colisión potencial haya sido una colisión basada, al
15 menos en parte, en al menos una clase identificada en la clasificación.

2. El método de la reivindicación 1, en donde:

cada clase de la pluralidad de clases que está asociada con la producción de una colisión está asociada además con al menos una característica de colisión; y

el método comprende además, en respuesta a determinar que es probable que la colisión
20 potencial haya sido una colisión, caracterizar la colisión basándose, al menos en parte, en la al menos una característica de colisión asociada con una o más de al menos una clase identificada en la clasificación.

3. El método de la reivindicación 2, en donde:

la al menos una característica de colisión comprende la gravedad de una colisión; y

25 caracterizar la colisión comprende determinar la gravedad de la colisión basada, al menos en parte, en la gravedad de la colisión asociada con una o más de la al menos una clase identificada en la clasificación.

4. El método de la reivindicación 2, en donde:

la al menos una característica de colisión comprende un ángulo en el cual el vehículo
30 impactó con el objeto y/o fue impactado por un objeto en la colisión; y

caracterizar la colisión comprende determinar un ángulo de impacto para la colisión basado, al menos en parte, en el ángulo asociado con una o más de la al menos una clase identificada en la clasificación.

5. El método de la reivindicación 1, en donde los datos de aceleración en cada momento en la pluralidad de veces dentro del periodo de tiempo comprenden primeros datos de aceleración que indican una magnitud de aceleración en múltiples direcciones en el tiempo, y segundos datos de aceleración que indican una aceleración total en el momento indicado por los primeros datos de aceleración.

6. El método de la reivindicación 1, en donde la obtención de información con respecto a una colisión potencial entre el vehículo y el objeto comprende:

monitorizar la aceleración del vehículo en un intervalo de tiempo; y

determinar si una aceleración total del vehículo en un momento excede un umbral; y

determinar que se ha producido una colisión potencial cuando una aceleración total del vehículo en un momento excede el umbral.

7. El método de la reivindicación 1, en donde el periodo de tiempo se extiende durante un lapso de tiempo antes y después del momento de la colisión potencial, siendo el lapso de tiempo un tiempo entre 3 y 10 segundos.

8. El método de la reivindicación 1, en donde la obtención de datos que describen el vehículo durante el periodo de tiempo comprende obtener información generada por uno o más componentes del vehículo.

9. El método de la reivindicación 8, en donde la obtención de información generada por uno o más componentes del vehículo comprende obtener información a través de un sistema de diagnóstico de a bordo (OBD) del vehículo.

10. El método de la reivindicación 8, en donde la obtención de la información generada por el uno o más componentes del vehículo comprende obtener información de estado para uno o más componentes del vehículo.

11. El método de la reivindicación 1, en donde la obtención de los datos de aceleración comprende obtener datos de aceleración generados por un dispositivo dispuesto en y/o dentro del vehículo, comprendiendo el dispositivo un acelerómetro.

12. El método de la reivindicación 1, en donde determinar si es probable que la colisión potencial haya sido una colisión basándose, al menos en parte, en al menos una

clase identificada en la clasificación comprende:

en respuesta a la determinación de que una clase identificada por el al menos un clasificador entrenado como una coincidencia más probable con los datos que describen el vehículo está asociada con la existencia de una colisión, determinar que se produjo una colisión.

5

13. Al menos un medio de almacenamiento legible por ordenador no transitorio que tiene codificadas en el mismo instrucciones ejecutables que, cuando se ejecutan por al menos un procesador, hacen que el al menos un procesador realice un método que comprende:

10

en respuesta a la obtención de información sobre una colisión potencial entre un vehículo y un objeto,

obtener, durante un periodo de tiempo que se extiende antes y después de un momento de la colisión potencial, datos que describen el vehículo durante el periodo de tiempo, incluyendo los datos que describen el vehículo durante el periodo de tiempo, para cada momento de una pluralidad de veces dentro del periodo de tiempo, datos de aceleración que indican la aceleración del vehículo en ese momento y la velocidad del vehículo en ese momento;

15

clasificar, usando al menos un clasificador entrenado, los datos que describen el vehículo en al menos una de una pluralidad de clases, estando asociada cada clase de la pluralidad de clases con si se produjo una colisión; y

20

determinar si es probable que la colisión potencial haya sido una colisión basada, al menos en parte, en al menos una clase identificada en la clasificación.

14. El al menos un medio de almacenamiento legible por ordenador no transitorio de la reivindicación 13, en donde:

25

cada clase de la pluralidad de clases que está asociada con la producción de una colisión está asociada además con al menos una característica de colisión; y

el método comprende además, en respuesta a determinar que es probable que la colisión potencial haya sido una colisión, caracterizar la colisión basándose, al menos en parte, en al menos una característica de colisión asociada con una o más de al menos una clase identificada en la clasificación.

30

15. El al menos un medio de almacenamiento legible por ordenador no transitorio de la reivindicación 13, en donde los datos de aceleración en cada momento en la

pluralidad de veces dentro del periodo de tiempo comprenden primeros datos de aceleración que indican una magnitud de aceleración en múltiples direcciones en el tiempo, y segundos datos de aceleración que indican una aceleración total en el momento indicado por los primeros datos de aceleración.

- 5 16. El al menos un medio de almacenamiento legible por ordenador no transitorio de la reivindicación 13, en donde la obtención de información con respecto a una colisión potencial entre el vehículo y el objeto comprende:

monitorizar la aceleración del vehículo en un intervalo de tiempo; y

determinar si una aceleración total del vehículo en un momento excede un umbral; y

- 10 determinando que se ha producido una colisión potencial cuando una aceleración total del vehículo en un momento excede el umbral.

17. Un aparato que comprende:

al menos un procesador; y

- 15 al menos un medio de almacenamiento que tiene codificadas en el mismo instrucciones ejecutables que, cuando se ejecutan por el al menos un procesador, hacen que al menos un procesador realice un método que comprende:

en respuesta a la obtención de información sobre una colisión potencial entre un vehículo y un objeto,

- 20 obtener, durante un periodo de tiempo que se extiende antes y después de un momento de la colisión potencial, datos que describen el vehículo durante el periodo de tiempo, incluyendo los datos que describen el vehículo durante el periodo de tiempo, para cada momento de una pluralidad de veces dentro del periodo de tiempo, datos de aceleración que indican la aceleración del vehículo en ese momento y la velocidad del vehículo en ese momento;

- 25 clasificar, usando al menos un clasificador entrenado, los datos que describen el vehículo en al menos una de una pluralidad de clases, estando asociada cada clase de la pluralidad de clases con si se produjo una colisión; y

determinar si es probable que la colisión potencial haya sido una colisión basada, al menos en parte, en al menos una clase identificada en la clasificación.

- 30 18. El aparato de la reivindicación 17, en donde:

cada clase de la pluralidad de clases que está asociada con la producción de una colisión está asociada además con al menos una característica de colisión; y

el método comprende además, en respuesta a determinar que es probable que la colisión potencial haya sido una colisión, caracterizar la colisión basándose, al menos en parte, en la al menos una característica de colisión asociada con una o más de al menos una clase identificada en la clasificación.

19. El aparato de la reivindicación 17, en donde los datos de aceleración en cada momento en la pluralidad de veces dentro del periodo de tiempo comprenden primeros datos de aceleración que indican una magnitud de aceleración en múltiples direcciones en el tiempo, y segundos datos de aceleración que indican una aceleración total en el momento indicado por los primeros datos de aceleración.

20. El aparato de la reivindicación 17, en donde la obtención de información con respecto a una colisión potencial entre el vehículo y el objeto comprende:

monitorizar la aceleración del vehículo en un intervalo de tiempo; y

determinar si una aceleración total del vehículo en un momento excede un umbral; y

determinar que se ha producido una colisión potencial cuando una aceleración total del vehículo en un momento excede el umbral.

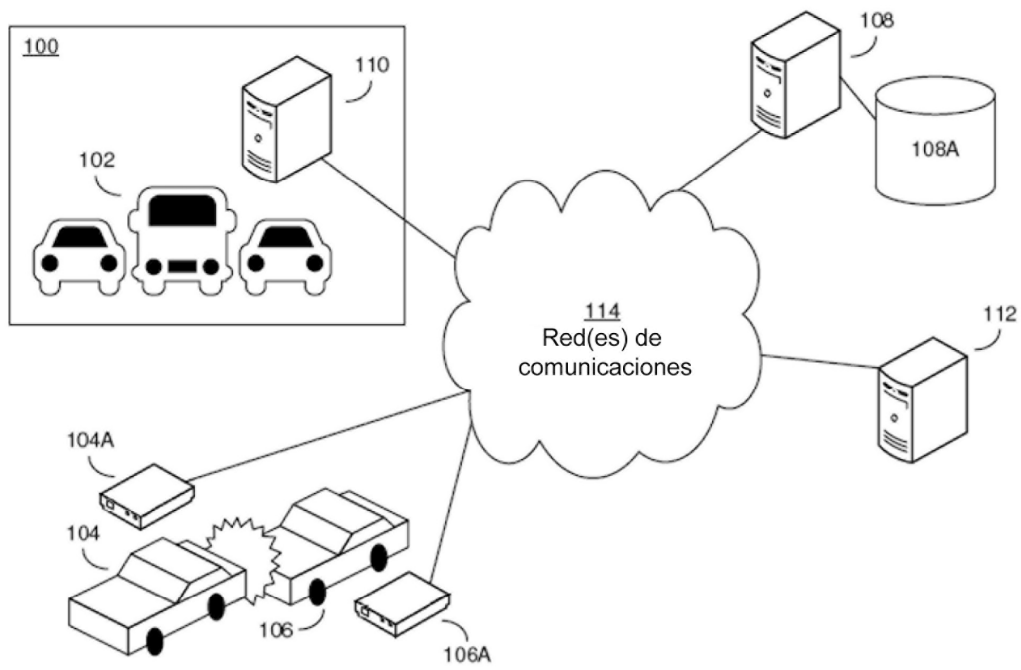


FIG. 1

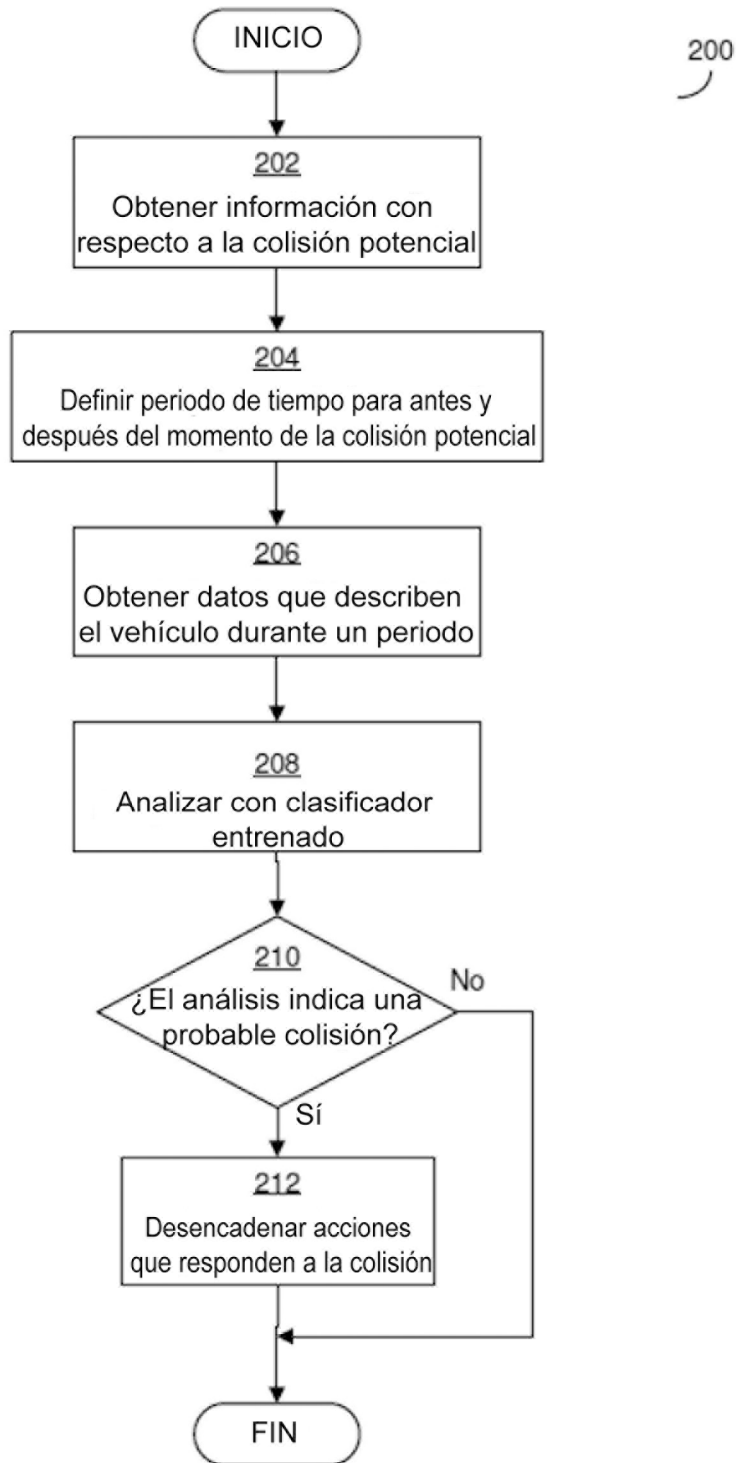


FIG. 2

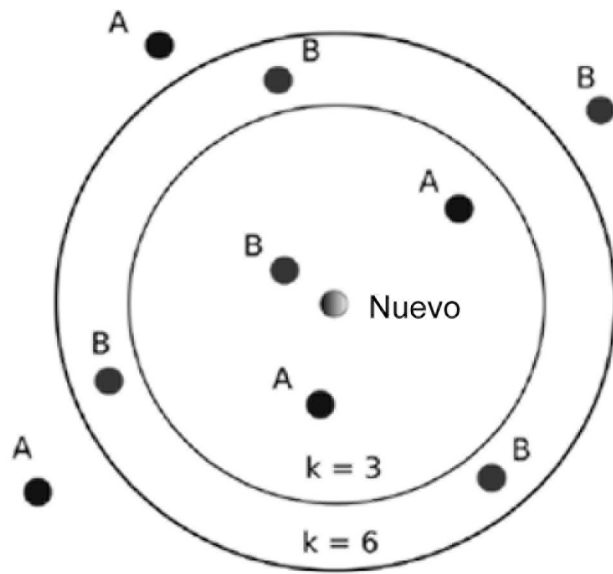


FIG. 3A

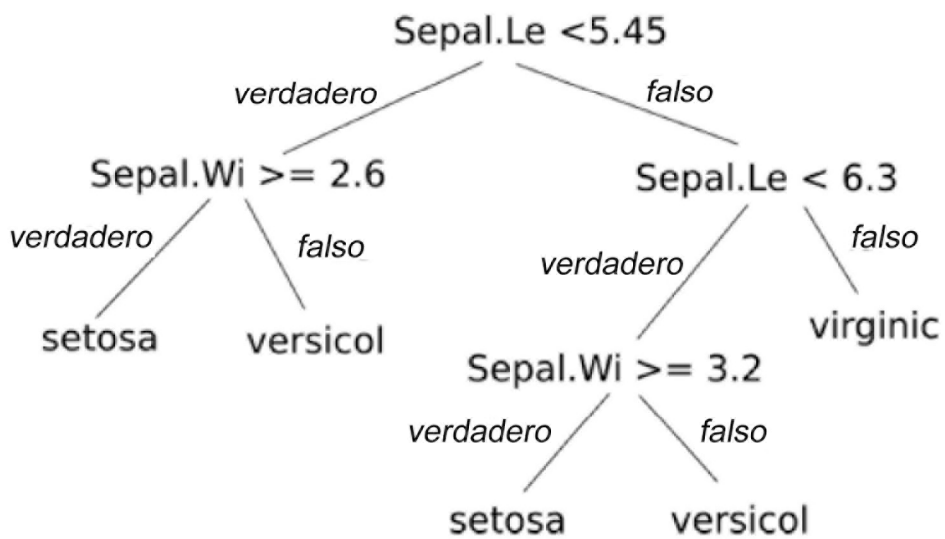


FIG. 3B

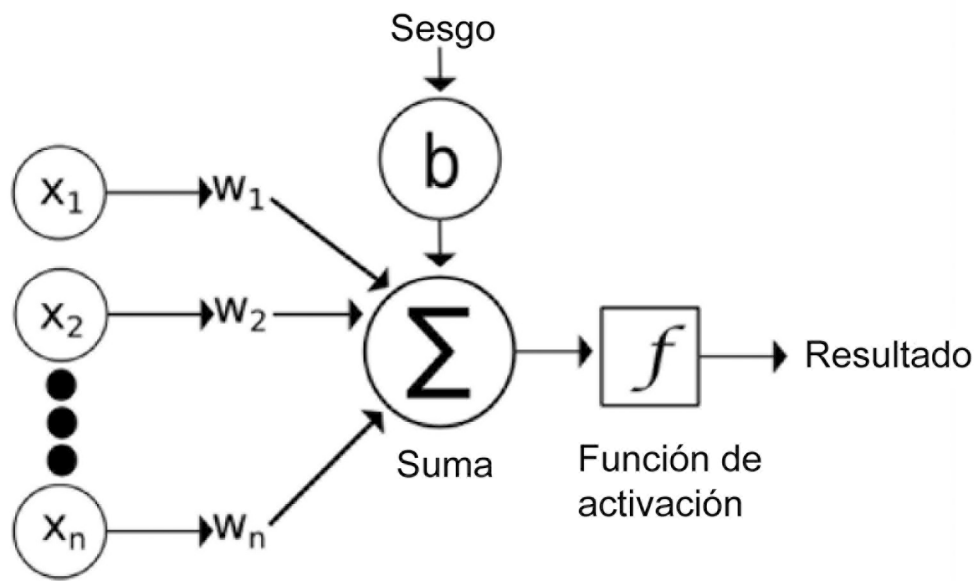


FIG. 3C

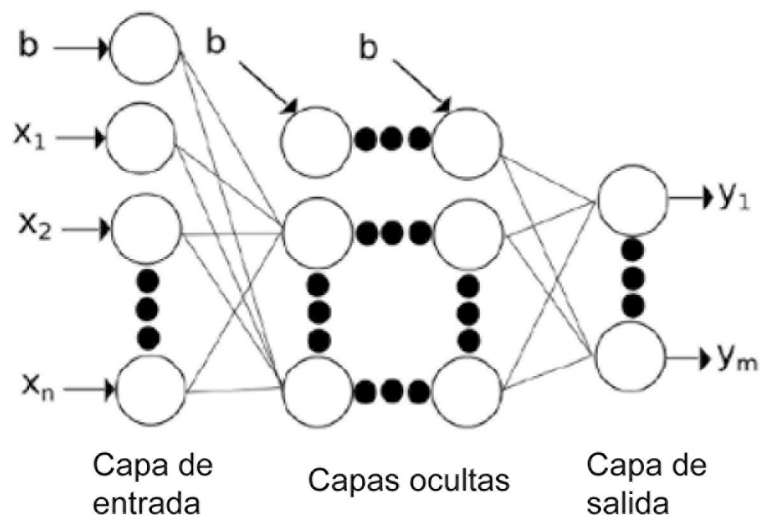


FIG. 3D

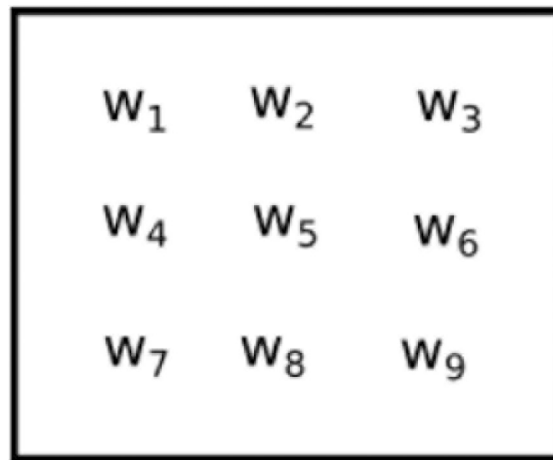


FIG. 3E

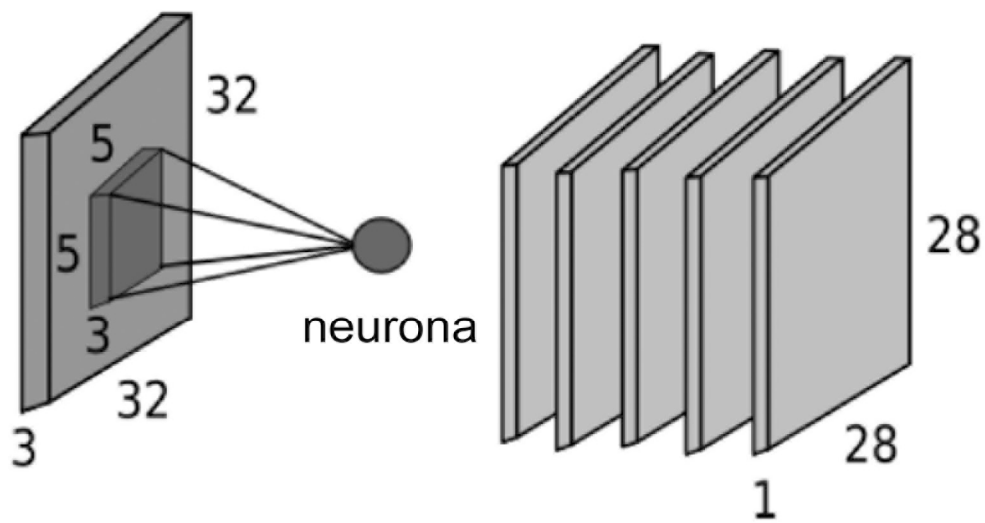


FIG. 3F

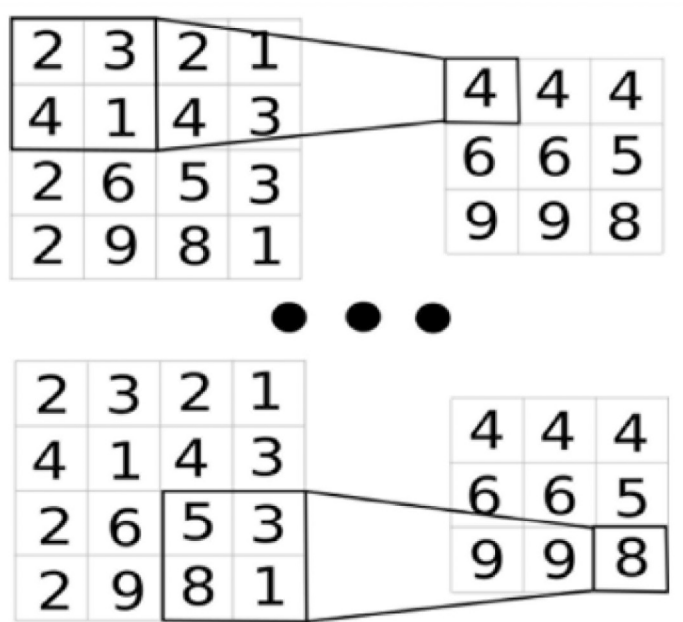


FIG. 3G

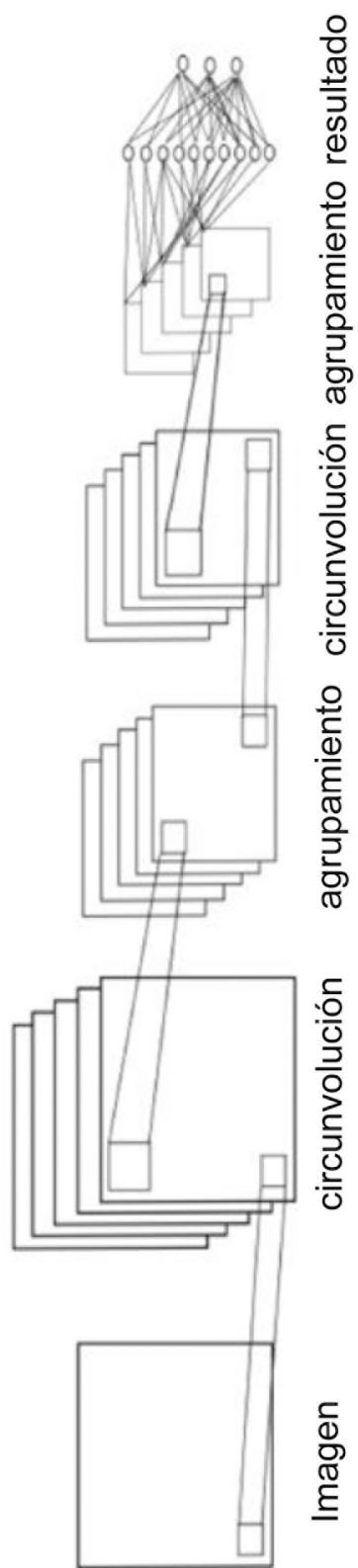


FIG. 3H

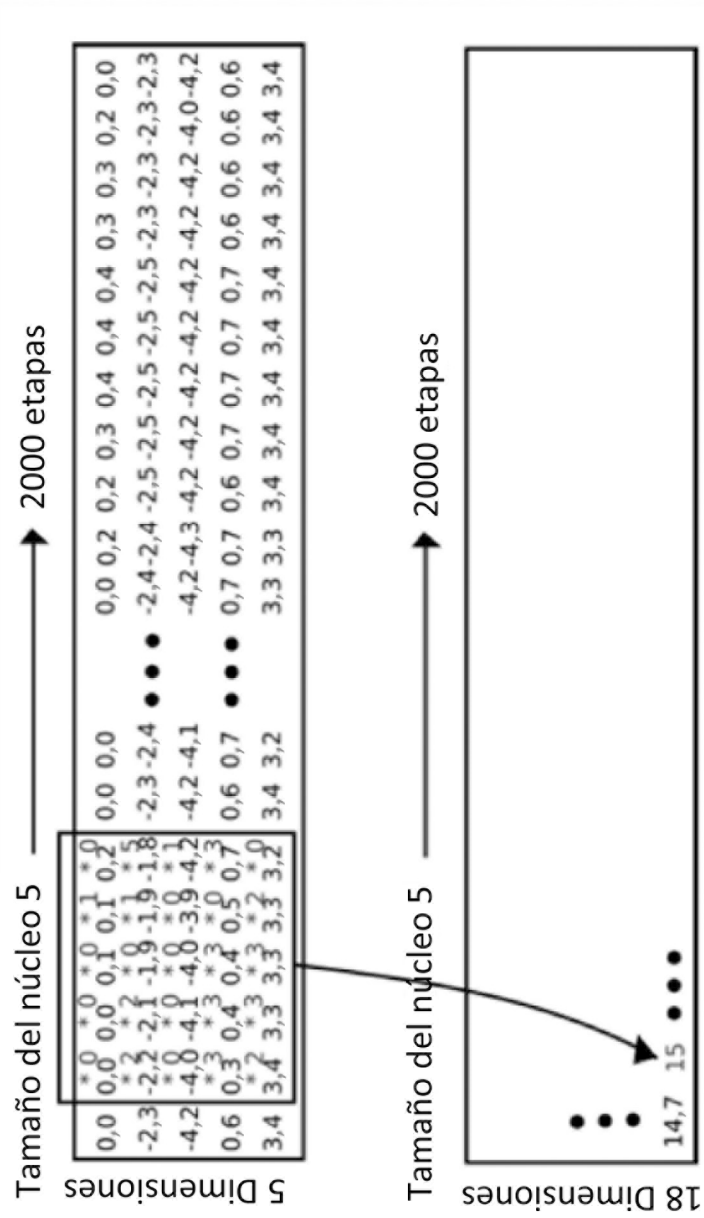


FIG. 31

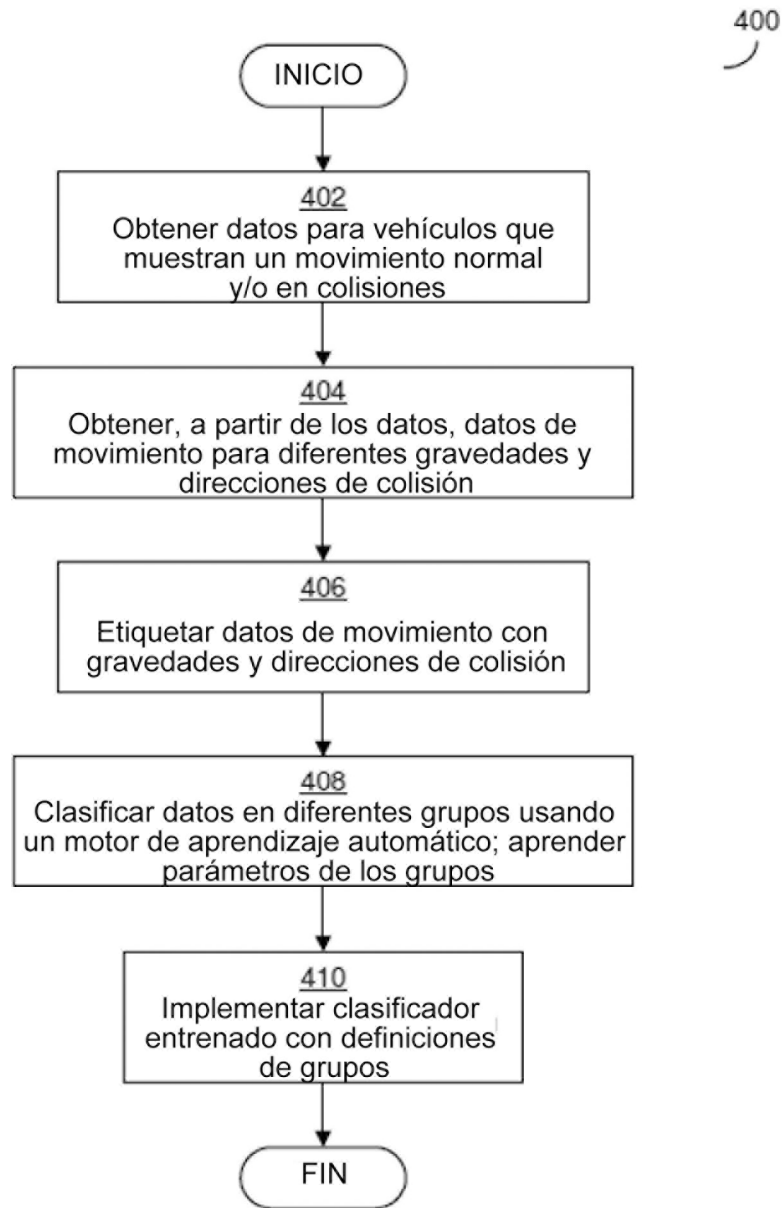


FIG. 4

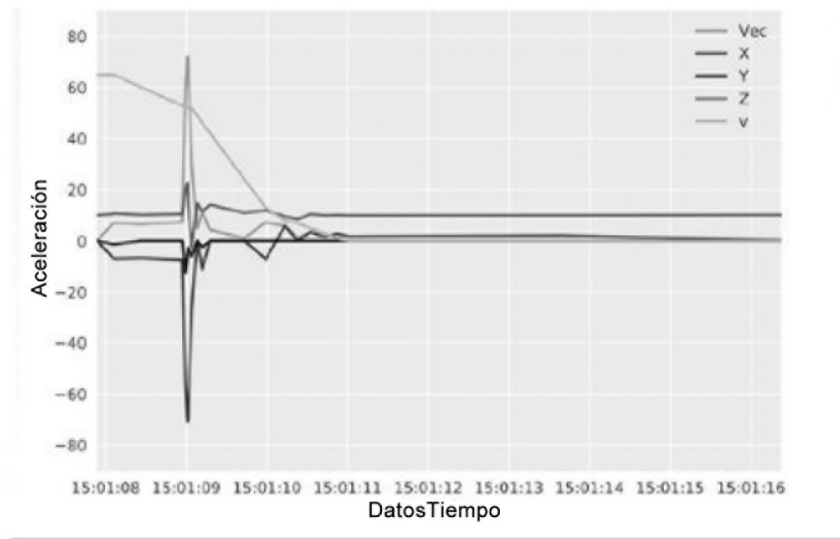


FIG. 5A

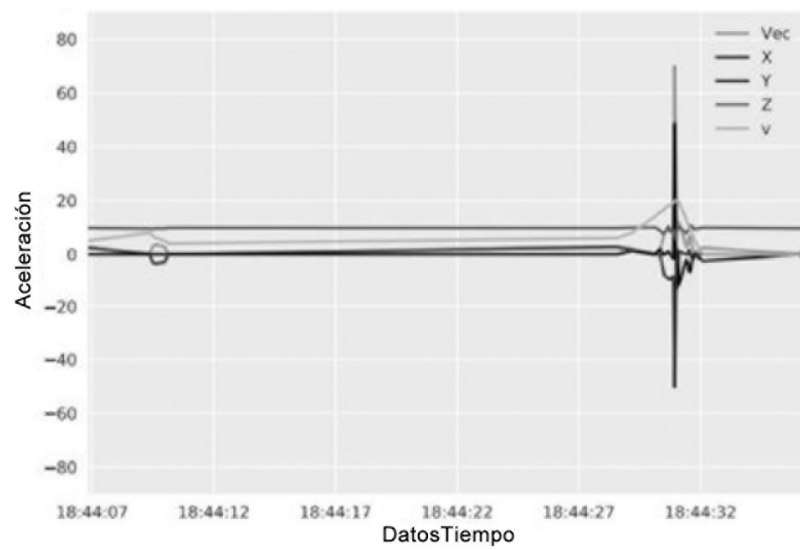


FIG. 5B

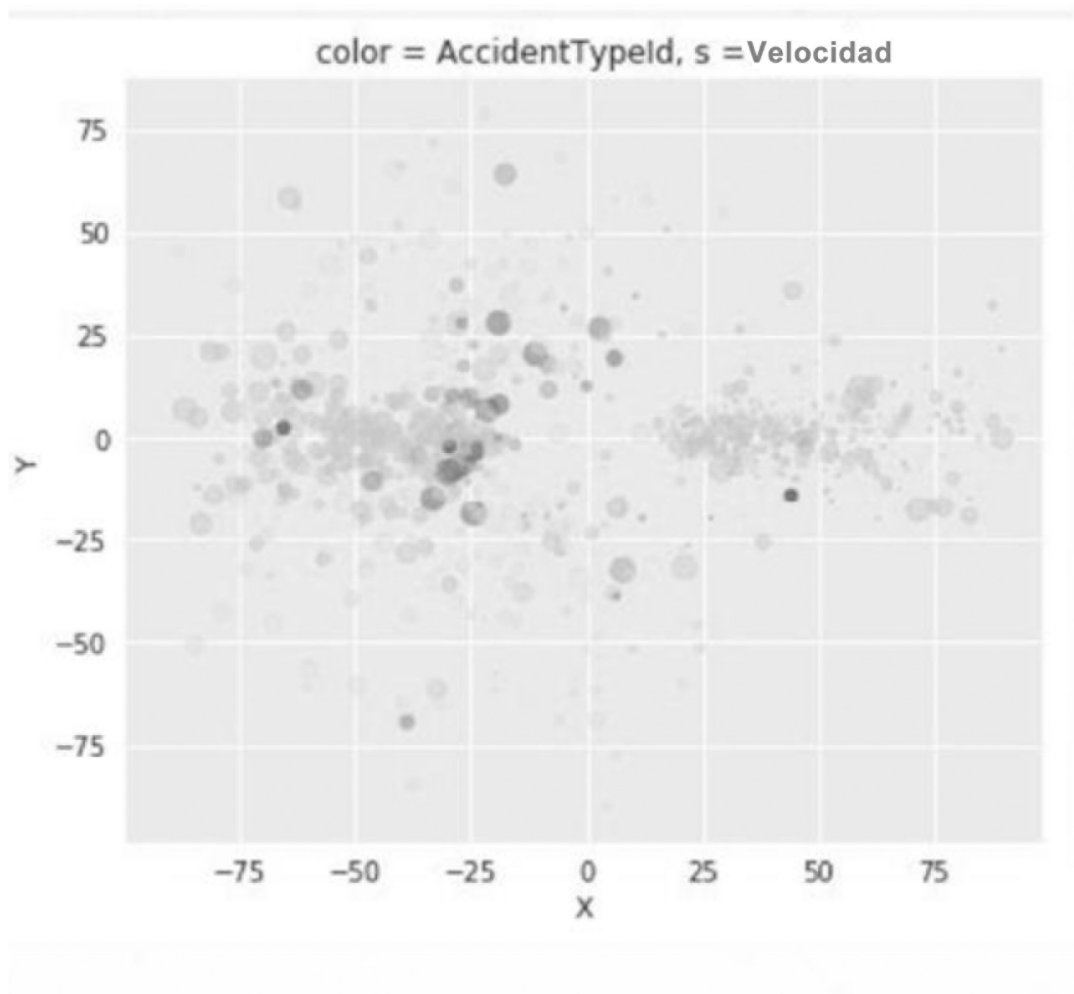


FIG. 5D

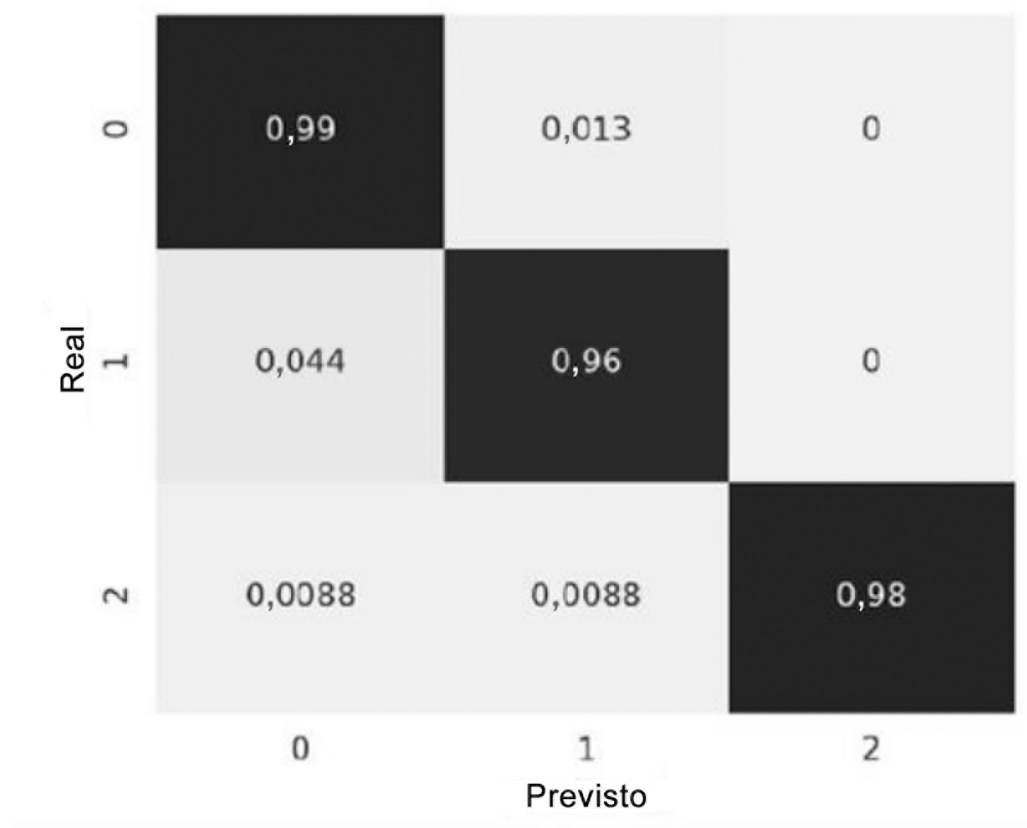


FIG. 5E

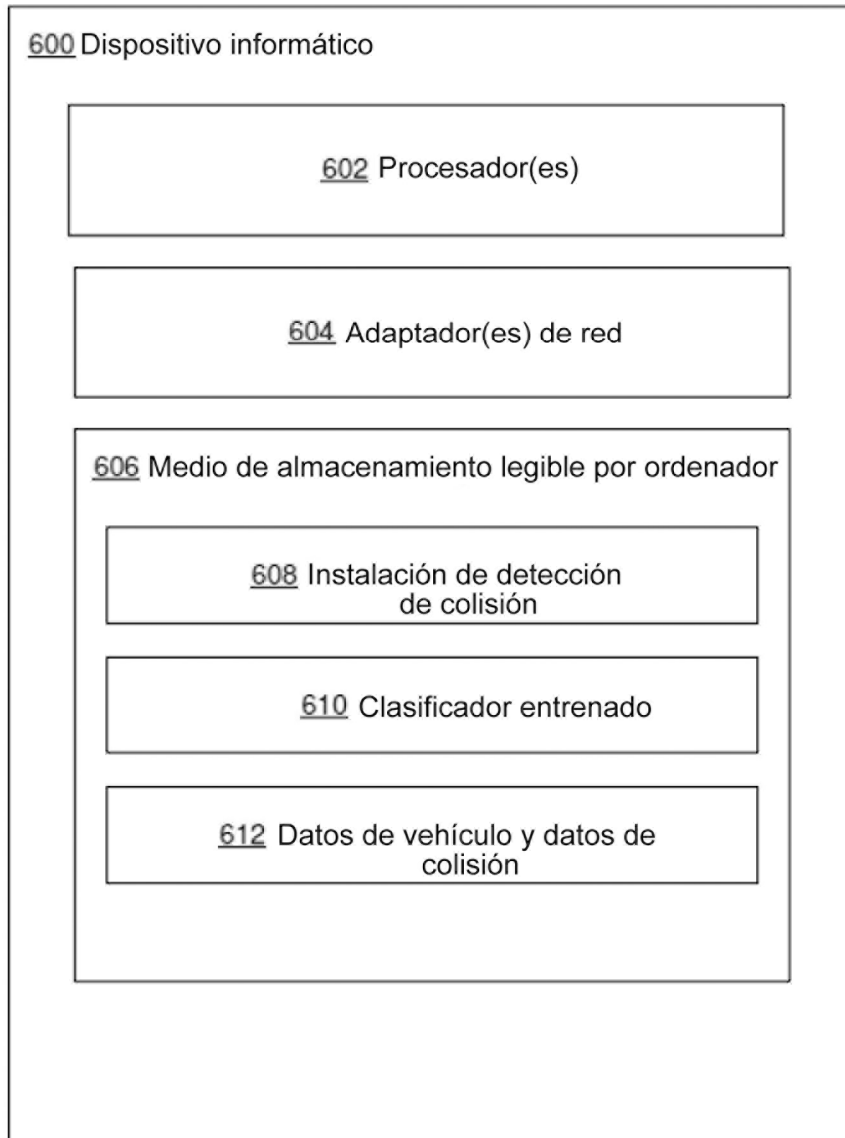


FIG. 6



- (21) N.º solicitud: 201830655
(22) Fecha de presentación de la solicitud: 29.06.2018
(32) Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

(51) Int. Cl.: Ver Hoja Adicional

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	(56) Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X	US 2017101093 A1 (BARFIELD JR JAMES RONALD et al.) 13/04/2017, Párrafos 0013, 0017, 0018, 0020, 0028 -0030, 0038-0041, 0048, 0057, 0059, 0072; Reivindicaciones	1 - 20
A	WO 0019239 A2 (VERIDIAN ENGINEERING INC et al.) 06/04/2000, Páginas 10, 11, 14; reivindicación 1	1-20
A	US 2003191568 A1 (BREED DAVID S BREED DAVID S et al.) 09/10/2003, Todo el documento	1-20
A	US 2004036261 A1 (BREED DAVID S) 26/02/2004, Todo el documento	1-20

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
22.03.2019

Examinador
F. Díaz Madrigal

Página
1/2

CLASIFICACIÓN OBJETO DE LA SOLICITUD

B60W30/08 (2012.01)

B60W30/095 (2012.01)

G08G1/16 (2006.01)

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

B60W, G08G

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

INVENES, EPODOC