

(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS
ESPAÑA



(11) Número de publicación: **3 025 686**

(51) Int. Cl.:

G01C 21/34 (2006.01)
G01C 21/00 (2006.01)
G01C 21/30 (2006.01)
G01C 21/20 (2006.01)
G01S 13/88 (2006.01)
G01S 13/60 (2006.01)
B60W 40/06 (2012.01)
G01S 13/931 (2010.01)

(12)

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **15.07.2020 PCT/US2020/042052**

(87) Fecha y número de publicación internacional: **21.01.2021 WO21011603**

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.07.2020 E 20840698 (3)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.04.2025 EP 3983754**

(54) Título: **Planificación de ruta sensible al terreno**

(30) Prioridad:

15.07.2019 US 201962874093 P

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

09.06.2025

(73) Titular/es:

**GPR, INC. (100.00%)
444 Somerville Ave.
Somerville, MA 02143, US**

(72) Inventor/es:

**FREEDMAN, SANFORD y
STANLEY, BYRON**

(74) Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 3 025 686 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Planificación de ruta sensible al terreno

5 Campo de la invención

La presente invención se refiere, en general, a la planificación de rutas de vehículos y, más particularmente, a la planificación de rutas de vehículos usando sistemas de radar de penetración de superficie (SPR).

10 Antecedentes

Se han desarrollado diversos sistemas de navegación para proporcionar a los conductores de vehículos una planificación de ruta entre una localización de origen especificada y una localización de destino. Generalmente, se seleccionan una o más rutas de una gran base de datos de carreteras. El sistema de navegación incluye normalmente uno o más dispositivos de determinación de posición, tales como un receptor de sistema de posicionamiento global (GPS), para indicar la posición actual del vehículo en relación con las carreteras en la base de datos. Convencionalmente, la planificación de ruta se realiza en base a ciertos criterios especificados por el usuario, tales como la distancia más corta o el tiempo de desplazamiento más rápido. En condiciones fuera de carretera, donde los vehículos se conducen por carreteras o pistas sin asfaltar, que pueden presentar arena, grava, barro, nieve, rocas y otro terreno natural, la planificación de ruta que utiliza técnicas convencionales sigue siendo un desafío. Por ejemplo, los desplazamientos fuera de carretera pueden requerir vehículos especialmente equipados dependiendo de las condiciones y el terreno; sin embargo, tales consideraciones no son tenidas en cuenta por las técnicas de navegación convencionales.

25 El documento US 2013/0030605 A1 se refiere a un sistema de monitorización de vehículos que permite a un usuario designar cierto uso como personal, de manera que no se rastrea la localización del vehículo. Al calcular una ruta, el sistema puede tener en cuenta un índice de seguridad (es decir, qué ruta es más segura). El documento US 2016/0003621 A1 se refiere a un sistema interactivo para su uso en conexión con el uso de vehículos recreativos. Un sistema de servidor incluye una base de datos de rutas fuera de carretera que contiene datos de rutas, información sobre el estado de las rutas e información sobre puntos de interés, así como un sistema de cartografía de viajes accesible por cualquiera de una pluralidad de conductores, lo que permite a conductor crear una ruta en base a los datos en la base de datos de viajes fuera de carretera.

30 Por consiguiente, existe la necesidad de enfoques que proporcionen planificación de ruta en base a las condiciones del terreno entre una localización de origen y un destino especificados, así como el tipo de vehículo.

Compendio

40 De acuerdo con la invención, se proporciona: un servidor de navegación para la navegación de un vehículo usando un radar de penetración de superficie como se describe en la reivindicación 1; y un método para proporcionar servicios de navegación a un vehículo en desplazamiento como se describe en la reivindicación 5.

45 La presente divulgación se refiere en general a proporcionar planificación de ruta a un vehículo (o conductor de vehículo) en base al tipo de vehículo y las condiciones del terreno entre la localización de origen y el destino. Como se usa en la presente memoria, el término "terreno" incluye tanto características superficiales como subterráneas. La invención emplea un sistema de monitorización de terreno que incluye un sistema de SPR acoplado al vehículo para obtener señales de SPR a medida que el vehículo se desplaza por una ruta; las señales de SPR obtenidas se usan para la navegación frente a imágenes de referencia asociadas con la ruta.

50 Un servidor de navegación basa la selección de ruta en parte en el terreno asociado con diversas rutas y características del vehículo.

55 En diversas realizaciones, se asigna una puntuación de riesgo al vehículo objeto. Las puntuaciones de riesgo también están asociadas con las carreteras (o segmentos de carretera) almacenadas en una base de datos de rutas, con valores basados en las condiciones del terreno asociadas. Un mapa del terreno puede entonces combinarse con el mapa de localización (o, en algunas realizaciones, un mapa existente obtenido de otra fuente, tal como GOOGLE MAPS) para incluir la información de localización, las condiciones del terreno y las puntuaciones de riesgo para diversos tipos de vehículos en cada porción de las rutas cartografiadas. Los mapas de terreno también pueden fusionarse con mapas HD (alta definición) usados para navegación de vehículos autónomos (además de mapas de navegación para los consumidores tales como los proporcionados por GOOGLE MAPS).

60 En un ejemplo, puede identificarse una ruta óptima para desplazarse desde una localización de origen específica hasta un destino para el vehículo objeto. Por ejemplo, la ruta desde el origen hasta el destino que tiene una puntuación de riesgo total mínima para el tipo específico de vehículo puede determinarse como la ruta óptima para el vehículo objeto. La puntuación de riesgo puede considerarse contra factores en

- competencia tales como distancia del viaje y los peajes en base a las preferencias de usuario proporcionadas previamente. Adicional o alternativamente, pueden asignarse otras puntuaciones (por ejemplo, puntuaciones de gasto energético, puntuaciones de probabilidad de éxito, puntuaciones de daños, puntuaciones de desgaste y/o puntuaciones de pérdida en un subsistema del vehículo) que pueden agravar los efectos de las condiciones del terreno en el vehículo pueden asignarse en base a señales de SPR detectadas y/u otra información en tiempo real. Por lo tanto, por ejemplo, la planificación de la ruta puede emplear un algoritmo convencional tal como A-star (A*) o D-star (D*), una vez que se calculan las puntuaciones o los costes, para determinar entonces la ruta óptima.
- Como se describe en la presente memoria, un servidor de navegación comprende una base de datos de rutas que comprende un mapa digital de localizaciones y segmentos de ruta que conectan las localizaciones, correspondiendo los segmentos de ruta a carreteras; una base de datos de terrenos que comprende información del terreno asociada con al menos algunos de los segmentos de ruta almacenados en la base de datos de rutas; una base de datos de riesgos que relaciona una pluralidad de tipos de vehículos con niveles de riesgo asociados con una pluralidad de tipos de terreno; un procesador; una interfaz de red para recibir una solicitud de ruta a través de una red, comprendiendo la solicitud de ruta una localización inicial, un destino y un tipo de vehículo; y un módulo de cartografía, ejecutable por el procesador, para recuperar datos de la base de datos de rutas, la base de datos de terrenos y la base de datos de riesgos. En base a los datos recuperados y la solicitud de ruta recibida, el procesador identifica una secuencia ajustada por riesgo de segmentos de ruta desde la localización inicial hasta el destino; la ruta ajustada por riesgo representa un riesgo del terreno asociado con el tipo de vehículo. El procesador está configurado para hacer que la ruta ajustada por riesgo sea transmitida a una fuente de la solicitud de ruta a través de la interfaz de red.
- La base de datos de riesgos está organizada para relacionar una pluralidad de tipos de vehículos con puntuaciones de riesgo relacionadas con el terreno asociadas. La base de datos de riesgos también puede organizarse para relacionar la pluralidad de tipos de vehículos con una o más de las puntuaciones de gasto energético, puntuaciones de probabilidad de éxito, puntuaciones de daños, puntuaciones de desgaste o puntuaciones de pérdida en un subsistema del vehículo asociadas con los vehículos. La puntuación de evaluación asignada a cada una de las rutas puede tener una pluralidad de valores en base al tipo de vehículo, estando basada también la ruta óptima en un tipo de vehículo.
- También se describe en la presente memoria un método para proporcionar servicios de navegación a un vehículo en desplazamiento. En diversas realizaciones, el método comprende mantener, en un servidor de navegación, (i) una base de datos de rutas que comprende un mapa digital de localizaciones y segmentos de ruta que conectan las localizaciones, correspondiendo los segmentos de ruta a carreteras, (ii) una base de datos de terrenos que comprende información de terreno asociada con al menos algunos de los segmentos de ruta almacenados en la base de datos de rutas, y (iii) una base de datos de riesgos que relaciona una pluralidad de tipos de vehículos con niveles de riesgo asociados con una pluralidad de tipos de terreno; recibir, por el servidor de navegación a través de una interfaz de red, una solicitud de ruta desde el vehículo en desplazamiento, comprendiendo la solicitud de ruta una localización inicial, un destino y un tipo de vehículo; en el servidor de navegación, recuperar datos de la base de datos de rutas, la base de datos de terrenos y la base de datos de riesgos y calcular, en base a los datos recuperados y la solicitud de ruta recibida, una secuencia ajustada por riesgo de segmentos de ruta desde la localización inicial hasta el destino, representando la ruta ajustada por riesgo un riesgo del terreno asociado con el tipo de vehículo; y hacer que la ruta adaptada por riesgo sea transmitida al vehículo en desplazamiento.
- La base de datos de riesgos está organizada para relacionar una pluralidad de tipos de vehículos con puntuaciones de riesgo relacionadas con el terreno asociadas. La base de datos de riesgos puede organizarse para relacionar la pluralidad de tipos de vehículos con una o más de las puntuaciones de gasto energético, puntuaciones de probabilidad de éxito, puntuaciones de daños, puntuaciones de desgaste o puntuaciones de pérdida en un subsistema del vehículo asociadas con los vehículos. En algunas realizaciones, la puntuación de evaluación asignada a cada una de las rutas tiene una pluralidad de valores en base al tipo de vehículo, y la ruta óptima también se basa en un tipo de vehículo.
- También se describe en la presente memoria un método para operar un vehículo. En diversas realizaciones, el método comprende transmitir de manera inalámbrica, por el vehículo a un servidor de navegación, una solicitud de ruta desde el vehículo en desplazamiento, comprendiendo la solicitud de ruta una localización inicial, un destino y un tipo de vehículo; recibir, desde el servidor de navegación, una secuencia de imágenes de SPR correspondientes a una secuencia ajustada por riesgo de segmentos de ruta desde la localización inicial hasta el destino, donde la ruta ajustada por riesgo representa un riesgo del terreno asociado con un tipo de vehículo; adquirir, con un sistema de SPR, imágenes de SPR a medida que el vehículo se desplaza; y guiar el vehículo a lo largo de la secuencia de segmentos de ruta en base a la comparación computacional de las imágenes de SPR adquiridas con las imágenes de SPR recibidas.

En diversas realizaciones, el método comprende además determinar computacionalmente al menos uno de dirección, orientación, velocidad, posición, aceleración o desaceleración asociados con el vehículo en base al menos en parte a las imágenes de SPR adquiridas. El método puede incluir además controlar el funcionamiento del vehículo en base, al menos en parte, a la dirección, orientación, velocidad, posición, aceleración y/o desaceleración determinadas.

5 En algunas realizaciones, el sistema de SPR comprende un sistema de radar de penetración terrestre (GPR). Por ejemplo, el sistema de GPR puede comprender un conjunto de antenas de GPR orientado en paralelo a una superficie del suelo.

10 **Breve descripción de los dibujos**

Lo anterior y la siguiente descripción detallada se entenderán más fácilmente cuando se tomen junto con los dibujos, en los que:

15 La FIG. 1A ilustra esquemáticamente un vehículo en desplazamiento ejemplar que incluye un sistema de monitorización del terreno de acuerdo con realizaciones de la invención.

20 La FIG. 1B ilustra esquemáticamente una configuración alternativa en la que la antena del sistema de monitorización del terreno está más cerca o en contacto con la superficie de la carretera.

La FIG. 2 representa esquemáticamente un sistema de monitorización del terreno ejemplar de acuerdo con realizaciones de la invención.

25 La FIG. 3 representa esquemáticamente un servidor de navegación de acuerdo con realizaciones de la invención.

Descripción detallada

30 Con referencia en primer lugar a la FIG. 1A, que representa un vehículo 102 ejemplar que se desplaza por una ruta 104 predefinida; el vehículo 102 está provisto de un sistema de monitorización del terreno 106 para la navegación del vehículo de acuerdo con la presente invención. En diversas realizaciones, el sistema de monitorización del terreno 106 incluye un sistema de SPR 108 que tiene un conjunto de antenas de radar de penetración terrestre (GPR) 110 fijado a la parte delantera (o a cualquier parte adecuada) del vehículo 102. El

35 conjunto de antenas de GPR 110 está orientado generalmente en paralelo a la superficie del suelo y se extiende perpendicularmente a la dirección de desplazamiento. En una configuración alternativa, el conjunto de antenas de GPR 110 está más cerca o en contacto con la superficie de la carretera (FIG. 1B). En una realización, el conjunto de antenas de GPR 110 incluye una configuración lineal de elementos de antena espacialmente invariantes para transmitir señales de GPR a la carretera; las señales de GPR pueden propagarse a través de

40 la superficie de la carretera hacia la región del subsuelo y reflejarse en dirección ascendente. Las señales de GPR reflejadas pueden detectarse mediante los elementos de antena de recepción en el conjunto de antenas de GPR 110. En diversas realizaciones, las señales de GPR detectadas se procesan y se analizan entonces para generar una o más imágenes de SPR (por ejemplo, imágenes de GPR) de la región del subsuelo a lo largo de la trayectoria del vehículo 102. Si el conjunto de antenas de SPR 110 no está en contacto con la

45 superficie, la señal de retorno más fuerte recibida puede ser la reflexión causada por la superficie de la carretera. Por lo tanto, las imágenes de SPR pueden incluir datos de superficie, es decir, datos para la interfaz de la región del subsuelo con aire o el entorno local. Las configuraciones y sistemas de antenas de GPR adecuados para procesar señales de GPR se describen, por ejemplo, en la patente de EE. UU. N.º 8,949,024.

50 Para la navegación, las imágenes de SPR se comparan con imágenes de referencia de SPR que se adquirieron y almacenaron previamente para regiones del subsuelo que se superponen al menos parcialmente a las regiones del subsuelo para la ruta definida. La comparación de imágenes puede ser un proceso de registro basado en, por ejemplo, correlación; véase, por ejemplo, la patente de EE. UU. N.º 8,786,485. La localización del vehículo 102 y/o las condiciones del terreno de la ruta 104 pueden determinarse entonces en base a la

55 comparación. En algunas realizaciones, las señales de GPR detectadas se combinan con otra información en tiempo real, tal como las condiciones meteorológicas, las imágenes electroópticas (EO), la monitorización de la salud del vehículo usando uno o más sensores empleados en el vehículo 102 y cualquier entrada adecuada, para estimar las condiciones del terreno de la ruta 104. De esta manera, el vehículo 102 puede usarse para crear mapas de terreno para segmentos de ruta específicos que se usarán en la navegación como se describe a continuación. Las condiciones del terreno estimadas pueden proporcionar ventajosamente un modelado del terreno en condiciones reales, así como gastos computacionales y/o complejidad reducidos para modelar la interacción terreno/vehículo en tiempo real.

60 En base a las condiciones del terreno determinadas, se asigna una puntuación de riesgo a la ruta 104 o a diversos tipos de vehículos que podrían circular por la ruta 104. La puntuación de riesgo se ajusta en función del tipo de vehículo. Por ejemplo, si la ruta 104 incluye rocas irregulares, puede asignarse una puntuación de

alto riesgo (por ejemplo, 7) a un vehículo con dirección en dos ruedas, mientras que puede asignarse una puntuación de bajo riesgo (por ejemplo, 3) a un vehículo con dirección en las cuatro ruedas. Adicional o alternativamente, pueden asignarse otras puntuaciones (por ejemplo, puntuaciones de gasto energético, puntuaciones de probabilidad de éxito, puntuaciones de daños, puntuaciones de desgaste y/o puntuaciones de pérdida en un subsistema del vehículo) que pueden agravar los efectos de las condiciones del terreno en el vehículo en base a señales de SPR detectadas y/u otra información en tiempo real. La puntuación de desgaste puede subcategorizarse dependiendo del tipo de vehículo; por ejemplo, los vehículos de minería emplean neumáticos caros, por lo que el desgaste de los neumáticos puede ser una consideración más importante que el desgaste general del vehículo.

Las puntuaciones de riesgo, las condiciones del terreno y, si se utilizan, los tipos de vehículos asociados pueden almacenarse junto con la ruta 104 (o parte de la misma) en una base de datos. Después de que el vehículo 102 y el sistema de monitorización del terreno 108 se hayan desplazado por múltiples rutas, puede crearse un mapa del terreno de las rutas que incluya sus condiciones del terreno asociadas y puntuaciones de riesgo (por ejemplo, para diversos tipos de vehículos). Alternativamente, el mapa del terreno puede incluir las condiciones del terreno recopiladas de las rutas solamente; la puntuación de riesgo asociada con el vehículo específico puede asignarse en tiempo real durante la planificación de la ruta.

La FIG. 2 representa un sistema de monitorización del terreno exemplar (por ejemplo, el sistema de SPR 108) implementado en un vehículo 102 para establecer rutas sensibles al terreno o navegar el desplazamiento en base a imágenes de SPR. El sistema de SPR 108 puede incluir una interfaz de usuario 202 a través de la cual un usuario puede introducir datos para definir la ruta o seleccionar una ruta predefinida. Las imágenes de SPR se recuperan de una fuente 204 de imágenes de referencia de SPR según la ruta. Por ejemplo, la fuente 204 de imágenes de referencia de SPR puede ser un dispositivo de almacenamiento masivo local tal como una unidad flash o un disco duro; alternativamente o además, la fuente 204 de imágenes de referencia de SPR puede estar basada en la nube (es decir, soportada y mantenida en un servidor web) y accederse remotamente en base a una localización actual determinada por GPS. Por ejemplo, un almacén de datos local puede contener imágenes de referencia de SPR correspondientes a la proximidad de la localización actual del vehículo, recuperándose actualizaciones periódicas para refrescar los datos a medida que el vehículo se desplaza.

El sistema de SPR 108 también incluye un sistema de SPR móvil ("Sistema Móvil") 206 que tiene un conjunto de antenas de SPR 110. La operación de transmisión del sistema de SPR móvil 206 se controla mediante un controlador (por ejemplo, un procesador) 208 que también recibe las señales de SPR de retorno detectadas por el conjunto de antenas de SPR 110. El controlador 208 genera imágenes de SPR de la región del subsuelo por debajo de la superficie de la carretera y/o la superficie de la carretera debajo del conjunto de antenas de SPR 110.

La imagen de SPR incluye características representativas de estructura y objetos dentro de la región del subsuelo y/o sobre la superficie de la carretera, tales como rocas, raíces, piedras, tuberías, cavidades y estratificación del suelo, y otras características indicativas de variaciones en las propiedades del suelo o el material en la región del subsuelo/superficie. En diversas realizaciones, un módulo de registro 210 compara las imágenes de SPR proporcionadas por el controlador 208 con las imágenes de SPR recuperadas de la fuente 204 de imágenes de referencia de SPR para localizar el vehículo 102 (por ejemplo, determinando la desviación del vehículo con respecto al punto más cercano en la ruta). En diversas realizaciones, la información de localización (por ejemplo, datos de desviación o datos de error de posición) determinada en el proceso de registro se proporciona a un módulo de conversión 212 que crea un mapa de localización para la navegación del vehículo 102. Por ejemplo, el módulo de conversión 212 puede generar datos GPS corregidos para la desviación de posición del vehículo con respecto a la ruta.

Alternativamente, el módulo de conversión 212 puede recuperar un mapa existente a partir de una fuente de mapas 214 (por ejemplo, otros sistemas de navegación, tales como GPS o un servicio de cartografía), y entonces localizar la información de localización obtenida en el mapa existente. En una realización, el mapa de localización de la ruta predefinida se almacena en una base de datos 216 en la memoria del sistema y/o un dispositivo de almacenamiento accesible al controlador 208. Adicional o alternativamente, los datos de localización para el vehículo 104 pueden usarse en combinación con los datos proporcionados por un mapa existente (por ejemplo, un mapa proporcionado por GOOGLE MAPS) y/o uno o más de otros sensores o sistemas de navegación, tales como un sistema de navegación inercial (INS), un sistema GPS, un sistema de navegación y localización por sonido (SONAR), un sistema LIDAR, una cámara, una unidad de medición inercial (IMU) y un sistema de radar auxiliar, uno o más sensores vehiculares de navegación por estimación (basados en, por ejemplo, ángulo de dirección y odometría de las ruedas), y/o sensores de suspensión para guiar el vehículo 102. Por ejemplo, el controlador 112 puede localizar la información de SPR obtenida en un mapa existente generado usando GPS. Los enfoques para utilizar el sistema de SPR para navegación y localización de vehículos se describen en, por ejemplo, la patente '024 mencionada anteriormente.

En algunas realizaciones, las imágenes de referencia de SPR también incluyen condiciones del terreno asociadas con las mismas. Por lo tanto, comparando las imágenes de SPR obtenidas con las imágenes de referencia de SPR, pueden determinarse las condiciones del terreno asociadas con las imágenes de referencia de SPR adquiridas a partir de la ruta predefinida. En algunas realizaciones, las señales de GPR/imágenes de SPR detectadas se combinan con otra información en tiempo real, tal como las condiciones meteorológicas, las imágenes de EO, la monitorización de la salud del vehículo usando uno o más sensores empleados en el vehículo 102 y cualquier entrada adecuada, para determinar las condiciones del terreno de la ruta 104. Estas operaciones son útiles para generar mapas de ruta sensibles al terreno. Por ejemplo, las condiciones del terreno basadas en la ruta pueden almacenarse como un mapa, una vez más localmente (en la fuente de mapas 214), remotamente (en un servidor en la nube) o alguna combinación (con un mapa del terreno almacenado localmente actualizado a través de comunicación inalámbrica con el servidor en la nube a medida que el vehículo se desplaza).

Las condiciones del terreno y las puntuaciones de riesgo de diversos tipos de vehículos pueden almacenarse con el mapa del terreno (en la fuente de mapas 214) o en la base de datos 216 como datos asociados con los diversos componentes de ruta de los mapas en la fuente de mapas 214. En una realización, puede identificarse una ruta optimizada en función del terreno para desplazarse desde un origen específico hasta un destino para el vehículo específico en el que se despliega el sistema 108 usando la base de datos 216. Por ejemplo, la ruta desde la localización de origen hasta el destino que tiene una puntuación de riesgo total mínima para el vehículo conducido actualmente puede determinarse como la ruta óptima para este tipo de vehículo. Además, la velocidad, aceleración, orientación, velocidad angular y/o aceleración angular del vehículo 102 pueden determinarse y controlarse continuamente en base al mapa de navegación, para mantener el vehículo 102 desplazándose a lo largo de la ruta óptima determinada. Cabe señalar que el término "aceleración", tal como se usa en la presente memoria, incluye aceleración lineal y angular, así como derivados de orden superior tales como sacudidas y rebotes.

En otras realizaciones, la optimización del terreno representa una base adicional para la planificación de rutas mediante un sistema de navegación o cartografía a bordo, con datos específicos del vehículo que se suministran remotamente desde un servidor en la nube. Es decir, el vehículo objeto no incluye en sí mismo un sistema de SPR, pero el conductor puede obtener una ruta optimizada en función del terreno a partir del sistema de navegación del vehículo o un servicio externo tal como GOOGLE MAPS en base al tipo de vehículo y las puntuaciones de riesgo asociadas. Un sistema de planificación de ruta puede determinar una ruta óptima que, por ejemplo, minimice el tiempo de desplazamiento pero nunca exceda una puntuación de riesgo máxima tolerable.

En algunas realizaciones, el usuario define o selecciona, a través de la interfaz de usuario 202, otras rutas para que el vehículo se desplace. Cuando el vehículo se desplaza en las rutas, el sistema de monitorización del terreno puede, de nuevo, adquirir continuamente las imágenes de SPR, y en base a las mismas determinar la información de localización y las condiciones del terreno asociadas con cada ruta, y asignar puntuaciones de riesgo a diversos tipos de vehículos en las rutas. La información de localización, las condiciones del terreno y las puntuaciones de riesgo de los vehículos pueden almacenarse junto con la ruta respectiva en el mapa de localización y el mapa del terreno como se describió anteriormente.

Como se ha indicado anteriormente, los mapas de terreno pueden ser generados por vehículos equipados con sistemas 108 configurados para obtener imágenes de SPR y asociarlas con SPR y/o mapas convencionales. Las condiciones del terreno determinadas pueden proporcionarse al módulo de conversión 212 para crear un mapa del terreno. En algunas realizaciones, el sistema de SPR 108 incluye una base de datos de entrada 217 que alimenta continuamente otra información en tiempo real (es decir, distinta de las señales de GPR/imágenes de SPR) detectada por otros sistemas al módulo de conversión 212 para actualizar y/o refinar el mapa del terreno. En una realización, un módulo de evaluación de riesgos 218 asigna puntuaciones de riesgo a diversos tipos de vehículos en base a las condiciones del terreno determinadas y las características (por ejemplo, el número de ruedas impulsadas por el motor, el tamaño de los neumáticos, la profundidad de las bandas de rodadura de los neumáticos, la distancia al suelo, la suspensión, etc.) de los vehículos. Por ejemplo, si la ruta 104 incluye rocas irregulares, puede asignarse una puntuación de riesgo más alta (por ejemplo, 7) a un vehículo con dirección en dos ruedas, mientras que puede asignarse una puntuación de riesgo más baja (por ejemplo, 3) a un vehículo con dirección en las cuatro ruedas. De manera similar, a un vehículo que tiene neumáticos grandes y bandas de rodadura profundas se le puede asignar una puntuación de riesgo más baja que un vehículo que tiene neumáticos pequeños y bandas de rodadura poco profundas. De nuevo, las condiciones del terreno, las puntuaciones de riesgo y sus tipos asociados de vehículos pueden almacenarse junto con la ruta en la base de datos 216, elementos de la cual pueden proporcionarse periódicamente o bajo demanda a vehículos de cliente a medida que se desplazan y actualizan sus mapas de navegación.

Por ejemplo, como se muestra en la FIG. 3, un servidor de navegación 300 puede recibir una solicitud que comprende una localización del vehículo y un destino deseado. La solicitud puede originarse con el propio sistema de control del vehículo o una aplicación desplegada ("app") en el dispositivo personal del conductor (tal como un teléfono inteligente, tableta, etc.), y también puede incluir un modelo o tipo de vehículo. El servidor

de navegación 300 incluye una interfaz de red inalámbrica 310, que recibe la solicitud y transmite información de ruta después de que se procese. El servidor de navegación incluye un procesador 320 (por ejemplo, un microprocesador de CPU convencional), una memoria de sistema volátil 325 asociada y uno o más elementos de almacenamiento digital no volátiles (tales como un disco duro, memoria Flash, unidad óptica, etc.). En la memoria no volátil se almacenan una base de datos de rutas 330, una base de datos de terrenos 335 y una base de datos de riesgos 340. La base de datos de rutas 330 contiene un mapa digital de localizaciones y segmentos de ruta que conectan las localizaciones; en general, los segmentos de ruta corresponden a carreteras, es decir, vías vehiculares. Estos pueden representarse por coordenadas geoespaciales o por imágenes de SPR dependiendo de la forma de navegación deseada. En el primer caso, las rutas se trazan de forma similar a los servidores de mapas convencionales, tales como GOOGLE MAPS. En este último caso, la ruta está definida por imágenes de SPR que se transmiten al vehículo, que está equipado con un sistema de SPR como se describió anteriormente para obtener imágenes de SPR durante el viaje y compararlas con las imágenes de navegación recibidas desde el servidor de navegación 300.

La base de datos de terrenos 335 contiene información del terreno asociada con algunos o todos los segmentos de ruta almacenados en la base de datos de rutas 330. Esta información del terreno puede obtenerse usando el sistema a bordo del vehículo ilustrado en la FIG. 2, y en realizaciones donde la base de datos de rutas 330 contiene imágenes de SPR para la navegación, puede extraerse de estas imágenes como se describe, por ejemplo, en la patente '024. La información del terreno puede, en algunas realizaciones, segmentarse en tipos discretos de terreno correspondientes a los niveles de dificultad para un vehículo. La base de datos de riesgos 340 relaciona una pluralidad de tipos de vehículos con niveles o puntuaciones de riesgo (como se describió anteriormente) asociados con una pluralidad de tipos de terreno. La base de datos de riesgos puede incluir campos adicionales con datos relacionados con una puntuación de riesgo y vinculados a terrenos y tipos específicos de vehículos, por ejemplo, datos de gasto energético, datos de probabilidad de éxito, datos de daños, datos de desgaste y/o datos de pérdida en un subsistema del vehículo.

En funcionamiento, el procesador 320 ejecuta uno o más programas informáticos (ilustrados conceptualmente como módulos de programa) almacenados en la memoria del sistema 325. Un sistema operativo (tal como, por ejemplo, MICROSOFT WINDOWS, UNIX, LINUX, iOS o ANDROID) proporciona funciones de sistema de bajo nivel, tales como gestión de archivos, asignación de recursos y encaminamiento de mensajes desde y hacia dispositivos de hardware y una o más aplicaciones de nivel superior que incluyen código de servidor web 350 y un módulo de cartografía 355. El código de servidor web 350 es convencional y facilita la comunicación basada en web con el usuario a través de la interfaz de red 310, recibiendo datos introducidos por el usuario y dando servicio a páginas web que contienen mapas e información de navegación. El módulo de cartografía 355 procesa solicitudes de usuario recuperando datos cartográficos de la base de datos de rutas 330, datos del terreno de la base de datos de terrenos 335 y datos relacionados con el riesgo de la base de datos de riesgos 340 y calculando, en base a los datos recuperados y la solicitud de ruta recibida, una secuencia de segmentos de ruta ajustada al riesgo desde la localización inicial hasta el destino. La ruta ajustada por riesgo representa un riesgo del terreno asociado con el tipo de vehículo. Por ejemplo, en respuesta a una solicitud, el módulo de cartografía 355 puede obtener primero una serie de rutas candidatas de la base de datos de rutas; cada ruta está asociada con una puntuación en base a, por ejemplo, el tiempo de desplazamiento estimado. Esta funcionalidad es bien conocida y convencional. Para cada ruta candidata, el módulo de cartografía 355 también puede obtener información del terreno de la base de datos de terrenos 335 y, en base a la misma, datos de riesgo específicos del vehículo asociados de la base de datos de riesgos 340. En base a estos datos de riesgo adicionales, las puntuaciones de rutas candidatas pueden ajustarse y las rutas clasificarse según las puntuaciones ajustadas. Por lo tanto, el servidor de navegación 300 puede combinar mapas de ruta y terreno en un mapa de navegación que refleja el tipo y la localización del vehículo, las condiciones del terreno y las puntuaciones de riesgo asociadas con el vehículo para cada parte de diversas rutas candidatas. En base a esto, puede calcularse una ruta optimizada en función del terreno y entregarse al vehículo (a través del código de servidor web 350 y la interfaz de red 310). Alternativamente, una serie de rutas candidatas clasificada puede presentarse al usuario, que puede seleccionar una ruta deseada. En base a la selección, puede transmitirse al vehículo la información de ruta geoespacial o de SPR de la base de datos de rutas 330 a medida que se desplaza.

Por ejemplo, la ruta óptima puede corresponder a una puntuación de riesgo total mínima y/o una puntuación de riesgo instantáneo mínima para que el tipo específico de vehículo se desplace sobre la misma. En una realización, la ruta óptima identificada se proporciona al sistema de navegación de un vehículo para guiar al conductor a lo largo de la ruta. En otra realización, se proporciona la ruta óptima a un módulo de control del vehículo 220 acoplado al controlador 208 para operar de manera autónoma el vehículo en base a la misma. Por ejemplo, el módulo de control del vehículo 220 puede incluir o cooperar con dispositivos eléctricos, mecánicos y neumáticos en el vehículo para controlar la dirección, orientación, velocidad, posición y aceleración/desaceleración del vehículo.

El controlador 208 implementado en el vehículo y el módulo de cartografía 355 implementado en el servidor de navegación 300 pueden incluir uno o más módulos implementados en hardware, software o una combinación de ambos. Para realizaciones en las que las funciones se proporcionan como uno o más programas de

- software, los programas pueden escribirse en cualquiera de varios lenguajes de alto nivel tales como PYTHON, FORTRAN, PASCAL, JAVA, C, C++, C#, BASIC, diversos lenguajes de secuencias de comandos y/o HTML. Adicionalmente, el software puede implementarse en un lenguaje ensamblador dirigido al microprocesador residente en un ordenador objetivo; por ejemplo, el software puede implementarse en lenguaje ensamblador Intel 80x86 si está configurado para ejecutarse en un PC de IBM o clon de PC. El software puede incorporarse en un artículo de fabricación que incluye, pero no se limita a, un disquete, una unidad flash USB, un disco duro, un disco óptico, una cinta magnética, una PROM, una EPROM, EEPROM, matriz de puertas programables por campo o CD-ROM. Las realizaciones que usan circuitos de hardware pueden implementarse usando, por ejemplo, uno o más procesadores FPGA, CPLD o ASIC.
- Los términos y expresiones empleados en la presente memoria se usan como términos y expresiones de descripción y no de limitación, y no hay intención, en el uso de tales términos y expresiones, de excluir cualquier equivalente de las características mostradas y descritas o partes de las mismas. Además, una vez descritas ciertas realizaciones de la invención, será evidente para los expertos en la técnica que pueden usarse otras realizaciones que incorporan los conceptos divulgados en la presente memoria sin apartarse del alcance de la invención. Por consiguiente, las realizaciones descritas deben considerarse en todos los aspectos como solo ilustrativas y no restrictivas.

REIVINDICACIONES

1. Un servidor de navegación (300) para la navegación de un vehículo (102) usando un radar de penetración de superficie, SPR, comprendiendo el servidor de navegación:

5 un procesador (320);

10 una base de datos de rutas (330), que tiene almacenados en la misma datos de rutas que incluyen imágenes de SPR que representan un mapa digital de localizaciones y segmentos de ruta que corresponden a carreteras;

15 una base de datos de terrenos (335) que tiene almacenada en la misma información del terreno extraída de las imágenes de SPR asociadas con los segmentos de ruta almacenados en la base de datos de rutas (330);

20 una base de datos de riesgos (340) que relaciona una pluralidad de tipos de vehículos con niveles de riesgo asociados con una pluralidad de tipos de terreno;

25 una interfaz de red (310) para recibir una solicitud de ruta a través de una red, comprendiendo la solicitud de ruta una localización inicial, un destino y un tipo de vehículo; y

30 un módulo de cartografía (355), ejecutable por el procesador (320), configurado para procesar la solicitud de ruta mediante:

35 obtener una pluralidad de rutas candidatas de la base de datos de rutas (330),

40 en donde cada una de las rutas candidatas está asociada con una puntuación;

45 obtener información del terreno de la base de datos de terrenos (335) para cada una de la pluralidad de rutas candidatas;

50 obtener datos de riesgo específicos del vehículo de la base de datos de riesgos (340) en base a la información del terreno;

55 ajustar la puntuación para cada una de la pluralidad de rutas candidatas en base a los datos de riesgo específicos de vehículo; y

60 clasificar la pluralidad de rutas candidatas según las puntuaciones ajustadas;

65 en donde el procesador (320) está configurado para:

70 transmitir la pluralidad de rutas candidatas clasificada a la fuente de la solicitud de ruta para presentarla a un usuario; y

75 en base a una selección del usuario de una ruta candidata, transmitir imágenes de SPR desde la base de datos de rutas (330) a un vehículo (102), en donde las imágenes de SPR transmitidas definen la ruta candidata seleccionada.

80 2. El servidor de navegación de la reivindicación 1, en donde la base de datos de riesgos (340) está organizada para relacionar una pluralidad de tipos de vehículos con puntuaciones de riesgo relacionadas con el terreno asociadas.

85 3. El servidor de navegación de la reivindicación 1, en donde la base de datos de riesgos (340) está organizada para relacionar la pluralidad de tipos de vehículos con una o más puntuaciones de gasto energético, puntuaciones de probabilidad de éxito, puntuaciones de daños, puntuaciones de desgaste o puntuaciones de pérdida en un subsistema del vehículo asociadas con los vehículos.

90 4. El servidor de navegación de la reivindicación 1, en donde una puntuación de evaluación asignada a cada uno de los segmentos de ruta tiene una pluralidad de valores en base al tipo de vehículo, estando basada también una ruta óptima en el tipo de vehículo.

95 5. Un método para proporcionar servicios de navegación a un vehículo en desplazamiento (102), comprendiendo el método:

100 mantener, en un servidor de navegación (300), (i) una base de datos de rutas (330) que comprende un mapa digital de localizaciones y segmentos de ruta representados por imágenes de penetración de superficie, SPR, que conectan las localizaciones, correspondiendo los segmentos de ruta a carreteras, (ii) una base de datos de terrenos (335) que comprende información del terreno extraída de las imágenes de SPR asociadas con los

- segmentos de ruta almacenados en la base de datos de rutas, y (iii) una base de datos de riesgos (340) que relaciona una pluralidad de tipos de vehículos con niveles de riesgo asociados con una pluralidad de tipos de terreno;
- 5 recibir, por el servidor de navegación (300) a través de una interfaz de red (310), una solicitud de ruta desde el vehículo en desplazamiento (102), comprendiendo la solicitud de ruta una localización inicial, un destino y un tipo de vehículo;
- 10 obtener, por el servidor de navegación (300), una pluralidad de rutas candidatas de la base de datos de rutas (330), en donde cada una de las rutas candidatas está asociada con una puntuación;
- obtener, por el servidor de navegación (300), información del terreno de la base de datos de terrenos (335) para cada una de la pluralidad de rutas candidatas;
- 15 obtener, por el servidor de navegación (300), datos de riesgo específicos del vehículo de la base de datos de riesgos (340) en base a la información del terreno;
- 20 ajustar, por el servidor de navegación (300), la puntuación para cada una de la pluralidad de rutas candidatas en base a los datos de riesgo específicos del vehículo;
- 25 clasificar, por el servidor de navegación (300), la pluralidad de rutas candidatas según las puntuaciones ajustadas;
- transmitir, por el servidor de navegación (300), la pluralidad de rutas candidatas clasificada a la fuente de la solicitud de ruta para presentarla a un usuario; y
- 30 en base a una selección de usuario de una ruta candidata, transmitir imágenes de SPR desde la base de datos de rutas (330) a un vehículo (102), en donde las imágenes de SPR transmitidas definen la ruta candidata seleccionada.
- 35 6. El método de la reivindicación 5, en donde la base de datos de riesgos (340) está organizada para relacionar una pluralidad de tipos de vehículos con puntuaciones de riesgo relacionadas con el terreno asociadas.
7. El método de la reivindicación 5 o la reivindicación 6, en donde la base de datos de riesgos (340) está organizada para relacionar la pluralidad de tipos de vehículos con una o más de las puntuaciones de gasto energético, puntuaciones de probabilidad de éxito, puntuaciones de daños, puntuaciones de desgaste o puntuaciones de pérdida en un subsistema del vehículo asociadas con los vehículos.
- 40 8. El método según una cualquiera de las reivindicaciones 5 a 7, en el que una puntuación de evaluación asignada a cada uno de los segmentos de ruta tiene una pluralidad de valores en base al tipo de vehículo, estando basada también una ruta óptima en el tipo de vehículo.
9. El método según la reivindicación 5, que comprende además:
- 45 transmitir de manera inalámbrica, por el vehículo (102) al servidor de navegación (300), la solicitud de ruta;
- recibir, por el vehículo (102) desde el servidor de navegación (300), una secuencia de imágenes de SPR correspondiente a una secuencia ajustada por riesgo de segmentos de ruta desde la localización inicial hasta el destino, representando la ruta ajustada por riesgo un riesgo del terreno asociado a un tipo de vehículo;
- 50 adquirir, con un sistema de SPR (108), imágenes de SPR a medida que el vehículo (102) se desplaza; y
- guiar el vehículo (102) a lo largo de la secuencia de segmentos de ruta en base a la comparación computacional de las imágenes de SPR adquiridas con las imágenes de SPR recibidas.
- 55 10. El método de la reivindicación 9, que comprende además:
- determinar computacionalmente al menos uno de dirección, orientación, velocidad, posición, aceleración o deceleración asociados con el vehículo en base al menos en parte a las imágenes de SPR adquiridas.
- 60 11. El método de la reivindicación 10, que comprende además:
- controlar el funcionamiento del vehículo (102) en base, al menos en parte, a la dirección, orientación, velocidad, posición, aceleración y/o desaceleración determinadas.

12. El método según una cualquiera de las reivindicaciones 9 a 11, en donde el de SPR sistema (108) comprende un sistema de radar de penetración terrestre, GPR.
- 5 13. El método de la reivindicación 12, en donde el sistema de GPR comprende un conjunto de antenas de GPR (110) orientado en paralelo a una superficie del suelo.

DIBUJOS

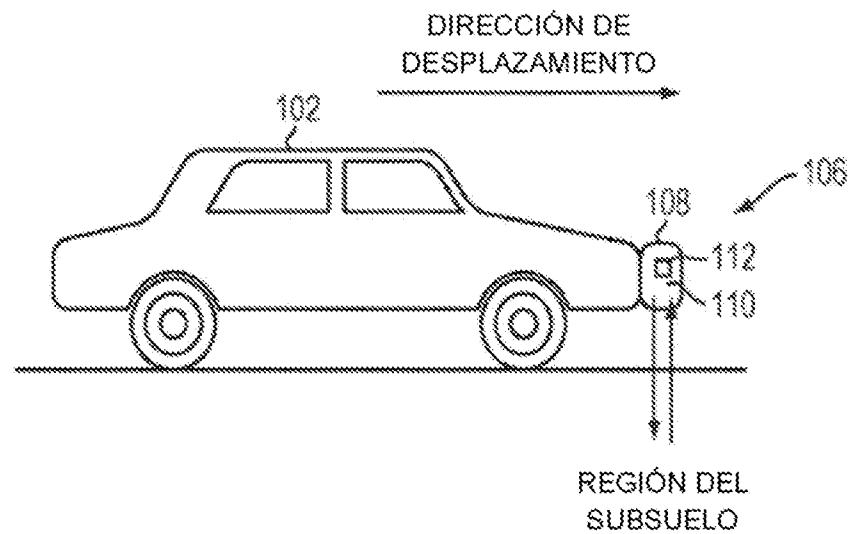


FIG. 1A

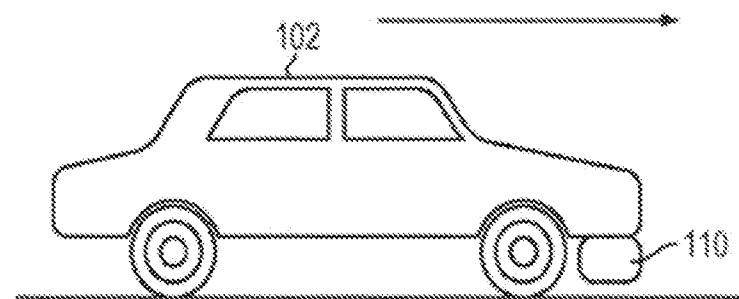


FIG. 1B

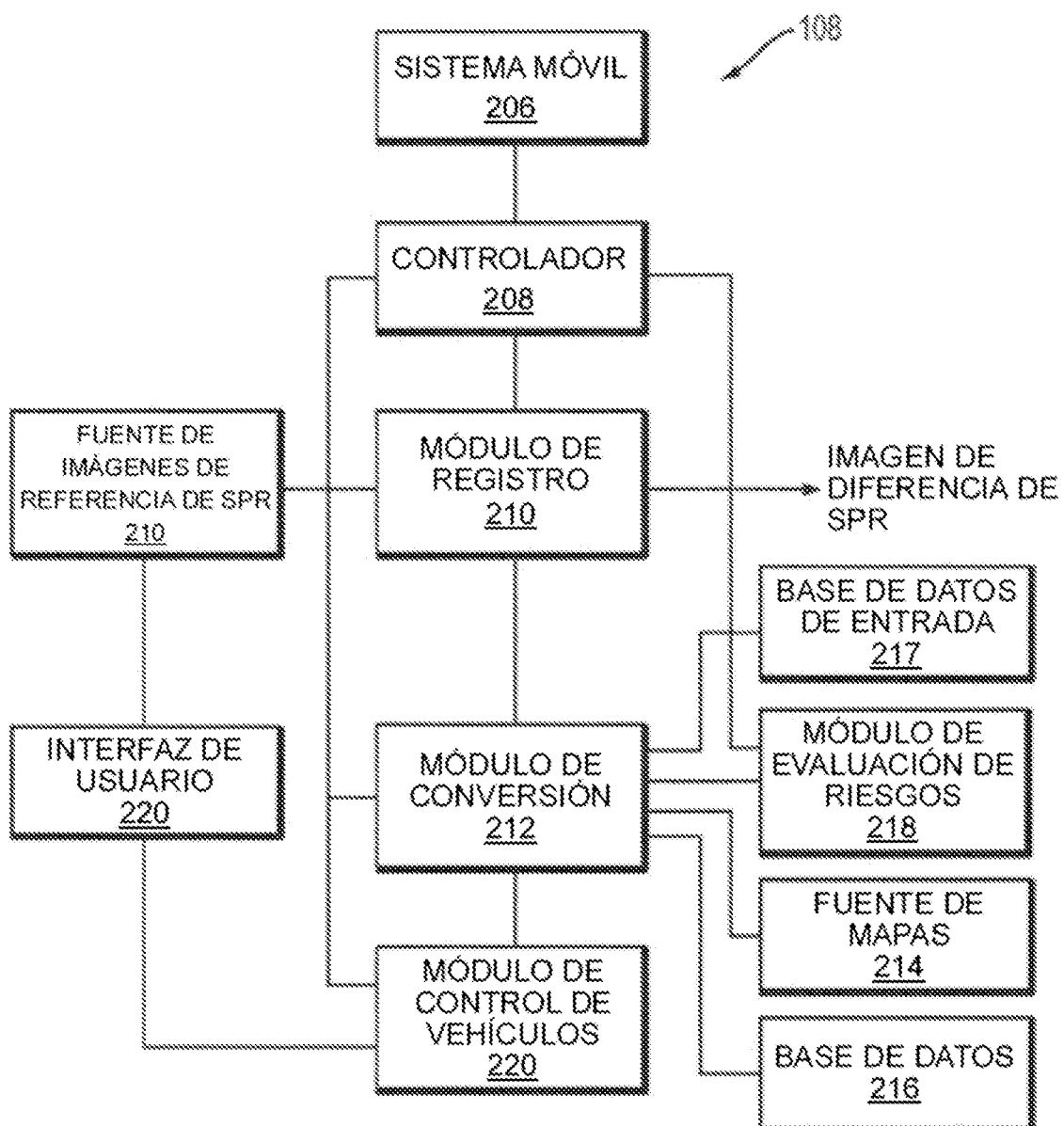


FIG. 2

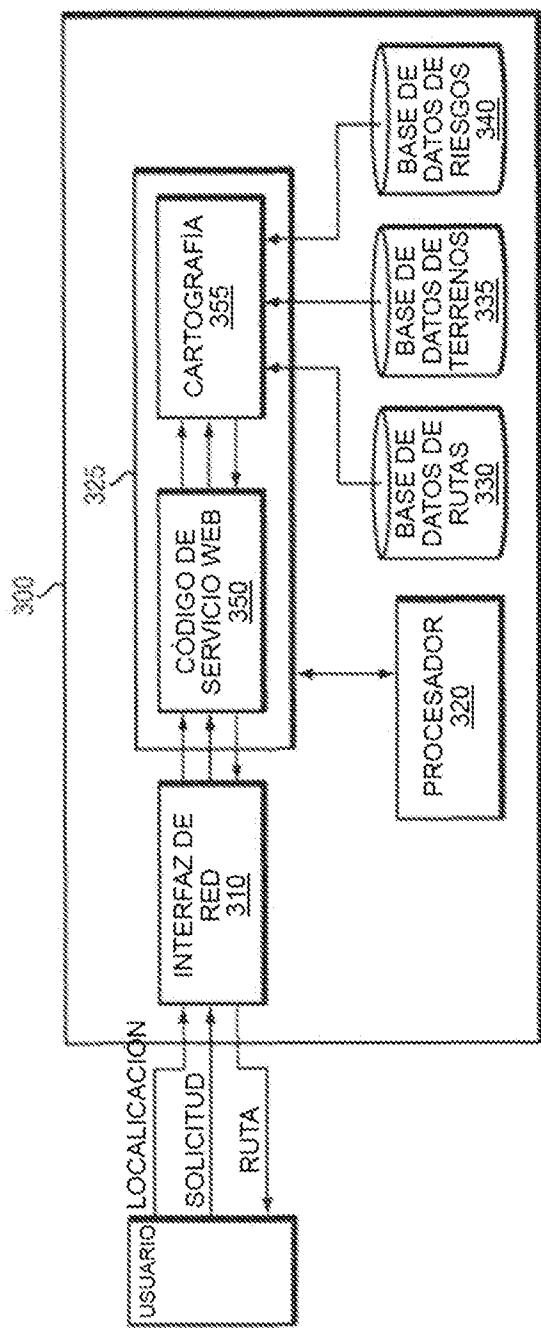


FIG. 3