(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 629 906**

(51) Int. CI.:

G01S 7/41 (2006.01)
G01S 13/86 (2006.01)
G01S 13/91 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.12.2012 E 12197148 (5)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.04.2017 EP 2743723**

(54) Título: **Procedimiento para detectar una rueda de un vehículo**

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
16.08.2017

(73) Titular/es:

KAPSCH TRAFFICCOM AG (100.0%)
Am Europlatz 2
1120 Wien, AT

(72) Inventor/es:

NAGY, OLIVER

(74) Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

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

DESCRIPCIÓN

Procedimiento para detectar una rueda de un vehículo

La presente invención concierne a un procedimiento para detectar una rueda en rotación de un vehículo por evaluación del desplazamiento Doppler de un rayo de medida que es irradiado por una unidad detectora sobrepasada por el vehículo, reflejado por la rueda y recuperado en forma desplazada por efecto Doppler.

La detección de ruedas de vehículo es de interés en numerosas aplicaciones. Así, a partir del reconocimiento de ruedas se puede reconocer con seguridad el tránsito por una superficie de tráfico determinada, por ejemplo para la vigilancia de fronteras o para el disparo de acciones determinadas, tales como el disparo de una alarma, la conexión de una iluminación, la apertura de un armario, la toma de una fotografía con fines de vigilancia, etc. Los modernos sistemas de tarificación de tráfico se basan frecuentemente, para el cálculo de la tarifa, en el número de ejes de vehículos, de modo que la detección de ruedas (ejes de ruedas) puede ser también una base importante para la elevación o el control de tarifas de peaje de carretera, especialmente también por medio de vehículos de control móviles, que, circulando en paralelo o en dirección de tráfico contraria, deben controlar el número de ejes de vehículos sujetos a peaje.

Se conoce por el documento DE 10 2008 037 233 A1 el recurso de detectar ruedas de un vehículo en movimiento en base a su componente horizontal de la velocidad tangencial, la cual es diferente en comparación con el resto del vehículo y provoca un desplazamiento de frecuencia Doppler correspondiente de un rayo de medida de radar. Se emplea para ello un medidor de velocidad de radar que irradia con un lóbulo de radiación de radar la zona inferior de los vehículos que pasan y que, a partir de la mezcla de frecuencias de recepción recuperada, promedia temporalmente una única señal de medida de velocidad que muestra en los lugares de ubicación de las ruedas unos máximos de señal que se emplean para la detección de las ruedas.

En las solicitudes de patentes no publicadas todavía EP 2 538 238 A1, EP 2 538 239 A1 y WO 2012 175 470 A1 la solicitante de la presente solicitud ha presentado nuevos procedimientos especialmente poco susceptibles de perturbaciones y seguros para la detección de ruedas sobre la base de mediciones Doppler. En la solicitud aún no publicada EP 2 682 778 A1 la solicitante describe un procedimiento según el preámbulo de la reivindicación 1, en el que se mide la posición relativa de una unidad embarcada (onboard unit) con respecto a la rueda por medio de un equipo de control y se almacena dicha posición vía radio en la unidad embarcada.

La solicitud ha reconocido que, para lograr una mejora adicional de la seguridad de detección, es deseable una orientación lo mejor posible del rayo de medida Doppler hacia los vehículos que pasan por delante del mismo. En carreteras de varios carriles o en carreteras con tráfico contrario es con frecuencia fuertemente variable la distancia de paso de un vehículo en la unidad detectora, sea motivado por el estilo de conducción o bien por las dimensiones del vehículo. Puede resultar así una iluminación insuficiente de la rueda a detectar con el rayo de medida, con la consecuencia de errores de detección.

La invención se fija el objetivo de superar los problemas expuestos y crear un procedimiento aún más mejorado para la detección de ruedas sobre la base de mediciones Doppler.

Este objetivo se alcanza según la invención con un procedimiento para detectar una rueda en rotación de un vehículo por evaluación del desplazamiento Doppler del rayo de medida con las características de las reivindicaciones 1, 5 o 6.

La invención se basa en un aprovechamiento de las llamadas unidades embarcadas (OBUs) que sirven para la solución de los problemas citados en sistemas de peaje y comunicación de carreteras para fijar el peaje de utilizaciones localizadas de vehículos. Las unidades embarcadas de esta clase pueden establecer en su camino radiocomunicaciones de corto alcance (dedicated short range communications – comunicaciones de corto alcance dedicadas, DSRC) con radiobalizas del lado de la carretera (roadside entities – entidades de arcén, RSEs) de posición conocida, mediante las cuales estas unidades, en caso de una radiocomunicación DSRC realizada con éxito, pueden ser localizadas sobre la respectiva zona de cobertura de radio de la radiobaliza. Ejemplos de tales sistemas de peaje de carretera asistidos por balizas y ligados a la infraestructura son los sistemas de peaje de carreteras según las normas CEN- o UNI-DSRC, ITS-G5, IEEE-WAVE (IEEE 802.11p) y RFID (radio frequency identification – identificación por radiofrecuencia). No obstante, las unidades embarcadas de sistemas de peaje de carretera asistidas por satélite y realizadas “sin balizas”, en las que las unidades embarcadas se localizan ellas mismas de manera autárquica en un sistema de navegación por satélite (global navigation satellite system – sistema de navegación global por satélite, GNSS) y envían sus datos de localización o los datos de peaje generados a partir de ellos a una central, por ejemplo a través de una red de telefonía móvil, pueden estar equipadas, además, con radiomódulos (DSRC), sea para fines de lectura de control o como las llamadas “OBUs híbridas”, que pueden cooperar tanto con sistemas de peaje de carretera GNSS como con sistemas de peaje de carretera DSRC.

El procedimiento de la invención emplea la capacidad de radiocomunicación de las unidades embarcadas para determinar a partir de una radiocomunicación al pasar por la unidad detectora Doppler las relaciones geométricas con respecto a la unidad detectora y a partir de ellas obtener la distancia de paso, lo que a su vez se aprovecha para orientar el rayo de medida Doppler de la unidad detectora. Como resultado, se puede conseguir una orientación

individual, adaptativa y exacta del rayo de medida hacia las ruedas de un vehículo en tránsito, con lo que se pueden ejecutar con alta seguridad de acierto y precisión todas las clases de procedimientos de evaluación Doppler para la detección de ruedas incluso a distancias variables de los vehículos.

Para fijar la dirección y la separación medidas a partir de la radiocomunicación entre el receptor de emisión de la unidad detectora y la unidad embarcada del vehículo en una relación lo más exacta posible con respecto a la dirección y separación del rayo de medida entre la unidad detectora y las ruedas del vehículo, es deseable conocer lo mejor posible la posición relativa de la unidad embarcada sobre el vehículo con respecto a las ruedas de dicho vehículo. Sin embargo, esta posición relativa puede variar fuertemente en función de la situación de montaje de la unidad embarcada sobre el vehículo. Según la invención, se almacena en la unidad embarcada la posición relativa – sea directamente en forma numérica o como indicación de clase abstraída – y se la lee en el curso de una radiocomunicación y, por tanto, se la puede tomar en consideración como valor de referencia en el procedimiento.

El usuario puede adquirir una unidad embarcada determinada para su tipo de vehículo (clase de vehículo) específico en la que esté ya almacenada una posición relativa determinada que represente al mismo tiempo una prescripción de montaje para la instalación de la unidad embarcada en el vehículo, o bien el usuario instala primero la unidad embarcada en una posición relativa determinada dentro del vehículo y almacena seguidamente la posición relativa en la unidad embarcada.

Por tanto, según una forma de realización preferida de la invención se almacena la posición relativa citada mediante una entrada de usuario en la unidad embarcada. Esto puede efectuarse a través de un teclado de la unidad embarcada o con ayuda de un soporte de datos en el que esté almacenada la posición relativa y el cual sea leído por la unidad embarcada. El soporte de datos puede ser de cualquier clase, por ejemplo una tarjeta con chip, una tarjeta SIM, una tarjeta inteligente, una tarjeta magnética, etc., que sea leída a través de contactos eléctricos o por vía inalámbrica, o bien una pegatina con un código de barras unidimensional o bidimensional que sea leída por un sensor óptico de la unidad embarcada. Preferiblemente, el soporte de datos se instala en la unidad embarcada, por ejemplo en forma de una pegatina, y se le lee por la unidad embarcada mediante un enlace inalámbrico. Por ejemplo, la pegatina puede contener un chip RFID (radio frequency identification – identificación por radiofrecuencia) o un chip NFC (near field communication – comunicación de campo cercano) que se leería vía radio por la unidad embarcada.

Como alternativa, la posición relativa citada puede almacenarse en la unidad embarcada durante la fabricación de la misma – sea en fábrica o con motivo del suministro a un usuario en una estación de programación.

Por último, es posible también que la posición relativa citada sea medida por un equipo de control estacionario o móvil y almacenada en la unidad embarcada mediante una radiocomunicación.

En cualquiera de estas formas de realización la posición relativa puede almacenarse en la unidad embarcada en forma numérica, por ejemplo como distancia transversal de montaje a las ruedas y/o como altura de montaje sobre las ruedas y/o distancia longitudinal de montaje a las ruedas, o bien puede indicarse en forma de una clase de vehículo, por ejemplo “TURISMO”, “CAMIÓN”, “AUTOBÚS”, etc., para la cual son ya conocidas posiciones de montaje usuales y, por tanto, valores numéricos usuales de la posición relativa.

Por tanto, una forma de realización especialmente ventajosa de la invención se caracteriza por que la posición relativa citada está almacenada en la unidad embarcada en forma de una indicación de una clase de vehículo y por que, para la toma en consideración citada, se lee en la unidad embarcada la indicación de clase del vehículo y se la traduce en una posición relativa con valores numéricos con ayuda de un banco de datos que asocia mutuamente posibles clases de vehículo y valores numéricos de posiciones relativas. Se simplifica así sensiblemente la entrada de la posición relativa en la unidad embarcada. Por ejemplo, el usuario adquiere una unidad embarcada para una clase de vehículo determinada o ingresa en la unidad embarcada la clase de su vehículo por medio de un teclado u otro equipo de entrada.

En aquellas formas de realización de la invención en las que se mide por separado la posición relativa para cada vehículo, el usuario no necesita observar determinadas prescripciones de montaje ni efectuar entradas de datos. En una variante preferida de la invención el equipo de control que mide la posición relativa puede ser para ello, por ejemplo, una de las radiobalizas de arcén (RSEs) geográficamente distribuidas de un sistema de peaje asistido por balizas, y la medición citada de la posición relativa de la unidad embarcada sobre un vehículo puede realizarse en radiobalizas especialmente equipadas. En las variantes últimamente citadas la medición de la posición relativa puede efectuarse preferiblemente por confección de una imagen de exploración del vehículo con un escáner del equipo de control, por radiotriangulación de la unidad embarcada con un receptor de emisión del equipo de control y por referenciación de la radiotriangulación a la imagen de exploración. La radiotriangulación puede efectuarse aquí especialmente por medio de mediciones de fase en una batería de antenas del receptor de emisión del equipo de control.

Como alternativa, la posición relativa podría medirse también por vía óptica, por ejemplo por confección de una imagen frontal del vehículo con una cámara y reconocimiento óptico de la posición de la unidad embarcada en la imagen frontal.

La medición de la dirección y la separación entre la unidad embarcada y el receptor de emisión puede efectuarse también preferiblemente por radiotriangulación en el curso de la radiocomunicación entre éstos, especialmente por medio de mediciones de fase en una batería de antenas del receptor de emisión de la unidad detectora.

El procedimiento de la invención es adecuado para cualquier clase de rayo de medida que tenga una frecuencia que esté sometida a un desplazamiento de frecuencia originado por efecto Doppler al reflejarse en un objetivo en movimiento, tal como aquí una rueda en rotación. Por ejemplo, el rayo de medida podría ser un rayo láser o un rayo de ultrasonidos. Preferiblemente, el rayo de medida es un rayo de radar y el control de su dirección de irradiación se efectúa por control de fase de una batería de antenas de la unidad detectora; como alternativa, el rayo de medida podría ser un rayo de radar y el control de su posición de irradiación podría efectuarse por conmutación entre varias antenas de la unidad detectora.

El procedimiento según la invención es adecuado para una cooperación con cualquier variante imaginable de procedimientos de detección de ruedas con ayuda de una evaluación del desplazamiento Doppler del rayo de medida en su evolución temporal. Variantes preferidas de la invención se caracterizan por que se detecta una rueda cuando la evolución temporal del desplazamiento Doppler muestra un salto, una subida, una bajada o una dispersión de frecuencia, rebasando en cada caso un valor umbral, y son imaginables también combinaciones de estas variantes.

El procedimiento de la invención es adecuado para unidades detectoras tanto estacionarias como móviles. Preferiblemente, la unidad detectora está configurada en forma de un vehículo de control, de modo que con el procedimiento de la invención se pueden controlar, por ejemplo, vehículos del tráfico contrario o vehículos sobre carriles contiguos de la misma dirección de circulación y se puede detectar estos vehículos en lo que respecta a sus ruedas.

El procedimiento de la invención es adecuado también para cualquier clase de radiocomunicaciones que puedan desarrollar las unidades embarcadas citadas, por ejemplo también para comunicaciones de telefonía móvil en redes terrestres de telefonía móvil. Preferiblemente, las radiocomunicaciones son radiocomunicaciones en el marco de sistemas de peaje de carretera asistidos por balizas según las normas UNI- o CEN-DSRC, ITS-G5, IEEE-WAVE o RFID.

Se explica seguidamente la invención con más detalle ayudándose de ejemplos de realización representados en los dibujos. En los dibujos muestran:

Las figuras 1a-1d, evoluciones temporales de desplazamiento Doppler idealizadas a modo de ejemplo para diferentes posiciones angulares del rayo de medida Doppler con relación a una rueda;

Las figuras 2a y 2b, dos variantes del procedimiento según la invención con ayuda de evoluciones de rayo a modo de ejemplo entre un vehículo de control y un vehículo a controlar, visto en la dirección de circulación;

La figura 3, diferentes variantes del procedimiento de la invención con ayuda de una vista en planta esquemática de una sección de carretera con un equipo de control estacionario, una unidad detectora configurada como un vehículo de control y un vehículo a controlar, en fases consecutivas del procedimiento; y

Las figuras 4a y 4b, los fundamentos geométricos del procedimiento de la invención con ayuda de una vista en planta (figura 4a) y una vista frontal en la dirección de circulación (figura 4b) del vehículo de control y del vehículo a controlar circulante en sentido de tráfico contrario.

Las figuras 1 a 3 muestran el principio de la detección de una rueda en rotación 1 de un vehículo 2 que se mueve sobre una calzada 3, más exactamente un carril de circulación 3' de la misma, en una dirección de circulación 4. El procedimiento de detección de rueda se ejecuta con ayuda de una unidad detectora 5 o en una unidad de esta clase, la cual está configurada como móvil en el ejemplo mostrado y tiene la forma de un vehículo de control. La unidad detectora o el vehículo de control 5 se mueve, por ejemplo, sobre un segundo carril de circulación 3'' de la calzada 3 en una dirección de circulación 4' que de preferencia – pero no necesariamente – es antiparalela a la dirección de circulación 4 del vehículo 2 a controlar. Se sobrentiende que la unidad detectora 5 podría ser también estacionaria, pudiendo, por ejemplo, estar instalada en el arcén de la calzada 3 o en el carril de circulación 3'.

La unidad detectora 5 emite un rayo de medida 6, por ejemplo un rayo de medida de ultrasonidos, de lidar o preferiblemente de radar, hacia el vehículo 2 o sus ruedas 1 durante el paso del mismo para detectar así las ruedas 1. En las vistas laterales de las figuras 1a-1d puede apreciarse que el rayo de medida 6 puede ser dirigido hacia la rueda 1 desde delante (figura 1a), oblicuamente desde delante-desde arriba (figura 1b), desde arriba (figura 1c) o en cualquier otra dirección del plano del dibujo de la figura 1 bajo un ángulo α con respecto a la vertical. En la figura 2a puede apreciase que el rayo de medida 6 puede ser emitido, visto en la dirección de circulación 4, bajo diferentes ángulos β con la horizontal, por ejemplo desde una posición de irradiación A a una altura prefijada h_s sobre la calzada 3, desde la unidad detectora 5, lo que está ilustrado por medio de cuatro evoluciones de rayo R_1, R_2, R_3 y R_4 a modo de ejemplo del rayo de medida 6. En la figura 2b se puede apreciar que el rayo de medida 6 puede ser emitido, por ejemplo, también desde las posiciones de irradiación A_1, A_2, A_3, A_4 a diferentes alturas h_{s1}, h_{s2}, h_{s3}, h_{s4} bajo, por ejemplo, ángulos iguales β con la horizontal. En la vista en planta de la figura 3 se ilustra que el rayo de

medida 6 puede adoptar diferentes ángulos γ con la dirección de circulación 4 (o 4'), pudiendo, por ejemplo, estar dirigido oblicuamente hacia delante desde la unidad detectora 5.

La unidad detectora 5 es un detector Doppler y, tal como es conocido en la técnica, evalúa la frecuencia de recepción del rayo de medida 6 reflejado por el vehículo 2 o sus ruedas 1, pudiendo determinarse a partir del desplazamiento de frecuencia Δf originado por efecto Doppler entre el rayo de medida emitido y reflejado 6 la componente v_p (proyectada) – situada en la dirección del rayo de medida 6 – de la velocidad relativa v del vehículo 2 o de la velocidad tangencial v_t de la rueda 1 en el respectivo punto P de la zona de incidencia del rayo de medida 6. En las mitades de la derecha de las figuras 1a-1d se ha registrado este desplazamiento de frecuencia originado por efecto Doppler, abreviadamente desplazamiento Doppler, Δf en su evolución temporal en función del tiempo t.

Cuando el rayo de medida 6 se irradia paralelamente al plano de la calzada 3 ($\alpha = 90º$, $\beta = 0º$, $\gamma \neq 90º$), resulta entonces la evolución del desplazamiento Doppler mostrada en la figura 1a, con una brusca subida 9, tan pronto como el rayo de medida 6 alcanza la carrocería del vehículo 2 que se mueve con la velocidad v, y un salto adicional 10 durante el paso de la rueda 1. Cuando el rayo de medida 6 incide un poco oblicuamente desde arriba sobre la rueda 1 o el vehículo 2 ($0 < \alpha < 90º$, $0 < \beta < 90º$, $0 < \gamma < 180º$), resulta la evolución del desplazamiento Doppler mostrada en la figura 1b con una subida (o, según la dirección de observación y de paso, una bajada) 11 durante el paso de una rueda 1. Una dirección de rayo oblicua desde arriba con $\alpha = 0º$, $0 < \beta \leq 90º$ y $\gamma = 90º$ conduce a las subidas mostradas en la figura 1c (o, según la dirección de observación, las bajadas) 11 que están depuradas en la medida de la velocidad propia v del vehículo 2.

La figura 1d muestra que en un corte transversal del rayo de medida 6 realmente extendido y no idealmente puntiforme en la zona de incidencia 12 del rayo de medida 6 sobre la rueda 1 o el vehículo 2 se presenta siempre una superposición de las diferentes velocidades (tangenciales) o velocidades proyectadas v_p que provienen de puntos diferentes P en la zona de incidencia 12, la cual, al pasar una rueda 1, conduce a una mezcla de frecuencias de recepción, es decir, a una división o dispersión F de la evolución del desplazamiento Doppler que es mayor que la dispersión de frecuencia F_0 que se presenta solamente al pasar la carrocería del vehículo 2. Esta dispersión de frecuencia F puede fijarse también como criterio para la aparición de una rueda 1.

Por tanto, la aparición de una rueda 1 en un vehículo 2 en tránsito puede detectarse, por ejemplo, mediante un salto de frecuencia 10, una subida o bajada 11 y/o una dispersión de frecuencia F que sobrepasen cada uno de ellos un valor umbral prefijado.

Para la evaluación y detección Doppler citada la unidad detectora 5 puede ser de cualquier clase conocida en la técnica, sea con un rayo de media continuo, un rayo de medida modulado o un rayo de medida pulsado 6. En el caso de un rayo de medida continuo 6, se puede obtener un desplazamiento de frecuencia Doppler entre las frecuencias propias ("frecuencias portadoras") del rayo de medida emitido y del rayo de medida reflejado 6, por ejemplo mediante medición de interferencia. En el caso de un rayo de medida pulsado o modulado, se puede medir un desplazamiento Doppler entre las tasas de impulso o las frecuencias de modulación del rayo de medida emitido y del rayo de medida reflejado 6. Todas estas frecuencias propias, portadoras, de impulsos o de modulación se entienden bajo los términos aquí empleados de "frecuencia de emisión" del rayo de medida 6 y "frecuencia de recepción" del rayo de medida reflejado 6, es decir que el término frecuencia de recepción comprende toda frecuencia del rayo de medida 6 que pueda ser influenciada por un efecto Doppler.

Las figuras 2a y 2b muestran, con ayuda de los ejemplos de evolución R_1 a R_4 del rayo de medida 6 bajo direcciones de irradiación diferentes β_1 a β_4 (figura 2a) o desde posiciones de irradiación diferentes A_1, A_2, A_3, A_4 (figura 2b) y para diferentes posiciones de desviación transversal 13 del vehículo 1 con respecto a la unidad detectora 5 (flecha 14), que pueden existir direcciones de irradiación β o posiciones de irradiación A en las que el rayo de medida 6 deja de alcanzar el vehículo 2 y/o sus ruedas 1. El procedimiento que se describe ahora en lo que sigue sirve para impedir esto.

El procedimiento se basa en el empleo de unidades embarcadas (OBUs) 15 que son transportadas siempre por un vehículo 2 para permitir que éste participe en un sistema de peaje o comunicación de carretera. Dado que la detección de ruedas 1 de un vehículo 2 se aprovecha con frecuencia precisamente para sistemas de peaje de carretera como fundamento para el cálculo de tarifas, las OBUs 15 pueden emplearse al mismo tiempo también en tales sistemas de peaje de carretera para los fines que aquí se exponen.

La figura 3 muestra un fragmento de un sistema de peaje de carretera 16 que comprende un gran número de equipos de control geográficamente distribuidos 17 (solamente se muestra uno de ellos), los cuales están instalados, por ejemplo, a lo largo de la calzada 3 a ciertas distancias de uno a otro. Los equipos de control 17 están unidos a través de líneas de datos 18 con una central 19 del sistema de peaje de carretera 16. El sistema de peaje de carretera 16, especialmente sus equipos de control 17, fijan el peaje (tarifican) de las utilizaciones localizadas de vehículos 2, por ejemplo el tránsito por la calzada 3.

A este fin, los equipos de control 17 pueden estar realizados, por ejemplo, como radiobalizas con un receptor de emisión 21 dispuesto sobre un puente de carretera ("gantry" - pórtico) 20 y un ordenador de baliza conectado 22 y pueden desarrollar a través del receptor de emisión 21 una radiocomunicación de corto alcance 23 (dedicated short

range communication – comunicación de corto alcance dedicada, DSRC) con la OBU 15 de un vehículo 2 en tránsito. La radiocomunicación DSRC 23 puede conducir, por ejemplo, a una transacción de peaje que se notifica a la central 19 a través del ordenador de baliza 22 y el enlace de datos 18 y/o se almacena en la OBU 15.

Los equipos de control (radiobalizas) 17, las OBUs 15 y sus receptores de emisión internos para el desarrollo de las radiocomunicaciones DSRC 23 pueden estar construidos según todas las normas DSRC conocidas, especialmente CEN- o UNI-DSRC, ITS-G5 e IEEE-WAVE (wireless access in vehicular environments – acceso inalámbrico en ambiente vehiculares), pero también RFID (radio frequency identification – identificación por radiofrecuencia). Cada radiocomunicación DSRC 23 en el curso de un paso por una radiobaliza 17 puede facturar, por ejemplo, un pago de uso determinado de una cuenta de crédito en la central 19 y/o en la OBU 15 y representa entonces una "transacción de facturación"; sin embargo, las radiocomunicaciones DSRC 23 pueden formar también transacciones de identificación, de mantenimiento, de actualización de software o similares en el marco del sistema de peaje de carretera 16.

En particular, las radiocomunicaciones DSRC 23 pueden aprovecharse también para operaciones de consulta vía radio (lectura) de datos almacenados en las OBUs 15, tales como datos troncales, datos de identificación, datos de transacción, datos de registro, etc. Tales radioconsultas 23 pueden efectuarse no solo desde los equipos de control o radiobalizas estacionarios 17, sino también desde radiobalizas "móviles" 17 en forma de una unidad detectora 5 configurada como vehículo de control. En otras palabras, la unidad detectora 5 puede funcionar también como radiobaliza 17 y, por lo demás, una radiobaliza 17 puede funcionar recíprocamente como unidad detectora 5. Por tanto, todo lo que se expone sobre la capacidad de comunicación DSRC de la radiobaliza 17 se aplica también a la unidad detectora 5, que está equipada para este fin con un receptor de emisión propio 24, y viceversa.

Por lo demás, las radioconsultas de OBUs 15 a través de radiocomunicaciones DSRC 23 pueden realizarse también en sistemas de peaje de carretera 16 basados en navegación por satélite (global navigation satellite system – sistema de navegación global por satélite, GNSS), en los que las OBUs 15 se localizan siempre de manera autárquica por medio de un receptor GNSS en vez de localizarse por medio de una red de radiobalizas terrestres 17 y envían sus localizaciones o sus transacciones de peaje obtenidas a partir de ellas a la central 19 a través de, por ejemplo, la red de radiobalizas o una red de telefonía móvil separada: Las OBUs 15 pueden equiparse aquí también con receptores de emisión DSRC para radioconsultas por medio de radiobalizas (equipos de control) 17 o vehículos de control (unidades detectoras) 5. Por tanto, el procedimiento aquí descrito y la unidad detectora 5 aquí explicada son adecuados para cooperar tanto con sistemas de peaje de carretera basados en balizas como con sistemas de peaje de carretera 16 basados en satélites.

Una radiocomunicación 23 entre el receptor de emisión 24 de la unidad detectora 5 y el receptor de emisión interno (no representado) de la OBU 15 se aprovecha posteriormente para obtener la distancia entre la unidad detectora 5 y el vehículo 2 a controlar y, en función de esta distancia, controlar la dirección de irradiación β y/o la posición de irradiación A del rayo de medida 6 de la unidad detectora 5. Se utiliza para ello una unidad detectora 5 cuyo rayo de medida 6 se puede controlar también de manera correspondiente: Cuando la unidad detectora 5 trabaja sobre la base de un radar Doppler, esto puede efectuarse, por ejemplo, mediante una basculación o regulación mecánica de una antena direccional 25 a través de la cual se emite y se recibe el rayo de medida 6. En lugar de una antena direccional 25 se podría emplear también una batería de antenas cuya dirección de irradiación sea regulable mediante un control de fase correspondiente, tal como es conocido en la técnica. Como alternativa o adicionalmente, la unidad detectora 5 podría tener también un grupo 25' de varias antenas o baterías de antenas que, por ejemplo, estén dispuestas a las alturas h_{s1} a h_{s4} a cierta distancia una de otra y sean conmutables para lograr diferentes posiciones de irradiación A_1 a A_4. Las evoluciones R_1 a R_4 de los rayos derivadas de las diferentes posiciones de irradiación A_1 a A_4 pueden tener aquí también ángulos diferentes β. En el caso de una unidad detectora 5 que trabaje sobre la base de un lidar Doppler, la dirección de irradiación β y/o la posición de irradiación A del rayo de medida 6 puede modificarse también con ayuda de una disposición correspondiente de espejos deflectores, tal como es conocido en la técnica. En el caso de una unidad detectora 5 que se base en una evaluación Doppler de ultrasonidos, se podrían utilizar de manera correspondiente convertidores de ultrasonidos mecánicamente regulables o baterías de convertidores de ultrasonidos controlables en fase, etc., etc.

El procedimiento se basa también en el empleo de receptores de emisión 24 en la unidad detectora 5 que están en condiciones de medir la longitud del trayecto de comunicación de una radiocomunicación 23, es decir, la separación z entre el receptor de emisión 24 y la OBU 15, así como la dirección de la OBU 15 con respecto al receptor de emisión 24. Esto se muestra con detalle en las figuras 4a y 4b.

Según la figura 4a, se designa bajo el término "dirección" de la OBU 15 del vehículo 2 con respecto al receptor de emisión 24 de la unidad detectora 5 al menos el δ – paralelo al plano de la calzada 3 – de la línea de unión imaginaria entre la OBU 15 y el receptor de emisión 24, referido a una normal a la dirección de circulación 4, más exactamente a la dirección de circulación 4' de la unidad detectora 5.

En un primer paso del procedimiento se miden a partir de una radiocomunicación 23 desarrollada entre la OBU 15 y el receptor de emisión 24 la dirección δ y la separación z de la OBU 15 con respecto al receptor de emisión 24. Para esta medición el receptor de emisión 24 puede tener, por ejemplo, varias antenas o una batería de antenas en la que se pueda obtener por medio de mediciones del tiempo de propagación y/o de la fase la dirección de recepción δ de

un paquete de datos emitido por la OBU 15 y recibido en el receptor de emisión 24 en el curso de la radiocomunicación 23. La separación z puede obtenerse, por ejemplo, a partir de mediciones del tiempo de propagación de las señales o incluso mediante la retransmisión de mediciones de posición GNSS de la OBU 15, que las comunica al receptor de emisión 24, el cual compara estas mediciones con mediciones de posición GNSS propias.

Para obtener a partir de la separación z y la dirección δ la distancia de paso entre el vehículo 2 y la unidad detectora 5 y especialmente la situación de las ruedas 1 con respecto a la posición de irradiación A del rayo de medida 6, es necesario el conocimiento, por un lado, del lugar de montaje de la OBU 15 sobre el vehículo 2 y, por otro lado, de la situación del receptor de emisión 24 con respecto a la posición de irradiación A de la unidad detectora 5.

El lugar de montaje de la OBU 15 sobre el vehículo 2 es de interés solamente en cuanto a la posición relativa R de la OBU 15 con respecto a las ruedas 1 y particularmente en cuanto a la distancia transversal b de la OBU 15 al lado exterior de la rueda 1 y de la altura de montaje h_b de la OBU 15 sobre la calzada 3 con respecto a la altura h_r de la rueda 1 sobre la calzada 3; no es aquí absolutamente necesario el lugar de montaje de la OBU 15 en la dirección de circulación 4 sobre el vehículo 2.

En el lado de la unidad detectora 5 puede calcularse la situación L del receptor de emisión 24 con respecto a la posición de irradiación A del rayo de medida 6 por medio de la distancia transversal a del receptor de emisión 24 a la posición de irradiación A, así como a partir de la diferencia $h_a - h_s$ entre la altura de montaje h_a del receptor de emisión 24 y la altura de montaje h_s de la posición de irradiación A sobre la calzada 3.

La situación L o (a, $h_a - h_s$) del receptor de emisión 24 en la unidad detectora 5 es siempre conocida. La posición relativa R o (b, $h_b - h_r$) de la OBU 15 sobre el vehículo 2 puede variar según el lugar de montaje, por ejemplo cuando el usuario instala la propia OBU 15 en el lado interior del parabrisas en posiciones diferentes. Según una primera variante del procedimiento, se prefija para el usuario la posición relativa R de la OBU 15 sobre el vehículo 2, es decir que, según el tipo o clase de su vehículo 2, el usuario tiene que instalar la OBU 15 en una posición relativa prefijada. La posición relativa R puede considerarse entonces como conocida; por ejemplo, puede tomarse de tablas específicas de vehículos.

Una tabla específica de vehículos de esta clase, que contiene una asociación entre posibles tipos o clases CL de vehículos 2 y sus posiciones relativas conocidas R, puede estar constituida, por ejemplo, como en la tabla 1 siguiente:

Tabla 1

CL	**R (b / h_b-h_r)**
“TURISMO”	(0,8 m / 0,6 m)
“FURGONETA”	(1,0 m / 1,0 m)
“CAMIÓN”	(1,2 m / 1,3 m)
“AUTOBÚS”	(1,2 m / 1,4 m)
“AUTOBÚS-Pos1”	(1,2 m / 1,4 m)
“AUTOBÚS-Pos2”	(1,3 m / 1,6 m)
. . .	. . .

Es posible también definir respectivas clases de vehículo propias CL para diferentes posiciones de montaje de una OBU 15 en un mismo vehículo 2, por ejemplo en el parabrisas arriba en el centro (“posición 1”) o en el parabrisas en la esquina inferior derecha (“posición 2”), y almacenar dichas posiciones como indicación de clase de vehículo CLI en la OBU 15, tal como se muestra en la tabla 1 con ayuda de los ejemplos de clases de vehículo CL = “AUTOBÚS-Pos1” (para la “posición 1”) y CL = “AUTOBÚS-Pos2” (para la “posición 2”.

La tabla 1 puede almacenarse, por ejemplo, en un banco de datos DB del equipo de control 17 y/o de la central 19 y/o del vehículo de control 5. En la OBU 15 puede estar almacenado entonces – por decirlo así como indicación “basta” de la posición relativa R – una indicación CLI (“class indication” - indicación de clase) sobre la clase CL del vehículo 2.

La indicación de clase CLI puede almacenarse, por ejemplo, durante la fabricación de la OBU 15, sea en fábrica o con motivo del suministro a un usuario en una estación de programación para la programación específica del usuario (personalización) de la OBU 15. Así, se le pueden ofrecer al usuario para su selección, por ejemplo, tres clases CL, entre las cuales éste selecciona una que se programa después en el curso de la personalización de la OBU. La OBU

15 así preparada está destinada entonces a instalarse en un vehículo 2 de la respectiva clase de vehículo CL almacenada (programada). El usuario adquiere entonces, por ejemplo, una OBU 15 fabricada o programada para la clase de vehículo CL = “AUTOBÚS”, cuya prescripción de montaje señala que ésta tiene que instalarse en el parabrisas, por ejemplo, a una distancia transversal b = 1,2 m de las ruedas y a una altura $h_b - h_r$ = 1,4 m sobre las ruedas derechas.

Como alternativa, el usuario puede almacenar la indicación de clase de vehículo CLI incluso también en la OBU 15, por ejemplo mediante una entrada de usuario a través de un teclado KB de la OBU 15. Éste puede presentar, por ejemplo, diferentes teclas para la respectiva finalidad de utilización de la OBU 15, por ejemplo una tecla con la inscripción “TURISMO” para fijar o almacenar las clases de vehículo CL = “TURISMO” en la OBU 15; una tecla con la inscripción “CAMIÓN” para fijar las clases de vehículo CL = “CAMIÓN”; etc., etc.

Otra posibilidad consiste en que la indicación de clase de vehículo CLI se ingrese en la OBU 15 con ayuda de un soporte de datos TX (figuras 2a, 2b). El soporte de datos TX puede ser, por ejemplo, una tarjeta con chip, una tarjeta SIM, una tarjeta magnética, etc. que se introduce, por ejemplo, en un aparato lector RX de la OBU 15 y que se une con éste a través de contactos eléctricos, por vía inductiva o por vía capacitiva, después de lo cual la OBU 15 lee la indicación de clase CLI en el soporte de datos TX. Sin embargo, el soporte de datos TX podría ser también un soporte de datos óptico, por ejemplo un trozo de papel o una pegatina con un código de barras unidimensional o bidimensional u otra marcación óptica que se lea por un sensor óptico RX de la OBU 15. Como alternativa, el soporte de datos TX es un radiochip, por ejemplo un transpondedor según la norma NFC (near field communication – comunicación de campo cercano) o RFID (radio frequency identification – identificación por radiofrecuencia), y el aparato lector RX de la OBU 15 es un aparato lector NFC o RFID para leer la indicación de clase CLI vía radio de corto alcance en el soporte de datos TX. Un radiochip de esta clase, por ejemplo un chip RFID o NFC, podría estar alojado, por ejemplo, en una pegatina que se pega por el usuario sobre la OBU 15 o que se instala en la OBU 15 durante la personalización de la OBU 15 en fábrica o durante el suministro.

En lugar de una indicación de la posición relativa R “embastecida” o parametrizada sobre tales clases de vehículo CL se podría almacenar también directamente, por supuesto, el valor numérico de la posición relativa R en la OBU 15, por ejemplo en la forma (1,2 m / 1,3 m) en el caso de un vehículo 2 del tipo “CAMIÓN”, concretamente tanto durante la fabricación como más tarde por parte del propio usuario. Los valores numéricos exactos de la posición relativa R podrían medirse también en el proceso de fabricación o posteriormente por el usuario durante el funcionamiento y podrían almacenarse en la OBU 15, por ejemplo a través del teclado KB de la OBU 15 o del soporte de datos TX.

La posición relativa R almacenada en la OBU 15 puede leerse posteriormente en la OBU 15 en el curso de una radiocomunicación 23, sea directamente en forma de los valores numéricos b o $h_b - h_r$ o en forma de la indicación de clase CLI. Una indicación de clase CLI leída en la OBU 15 puede ser “retraducidas” a la forma numérica ($b/h_b - h_r$) con ayuda de la tabla 1 del banco de datos DB. Por el contrario, si se almacena enseguida directamente la posición relativa R en forma numérica en la OBU 15, se puede suprimir el banco de datos DB.

Se sobrentiende que los valores numéricos de la posición relativa R pueden ser también solamente una única dimensión, por ejemplo la distancia transversal b o la altura de montaje $h_b - h_r$ sobre la rueda, o bien una tripla completa de la distancia transversal b, la altura de montaje $h_b - h_r$ y el lugar de montaje de la OBU 15 en la dirección de circulación 4 sobre el vehículo 2.

En otra forma de realización se mide la posición relativa R de la OBU 15 sobre el vehículo 2 y se almacena el resultado de medida en la propia OBU 15 o en un banco de datos del sistema de peaje de carretera 16, por ejemplo de una de las radiobalizas 17, un ordenador proxy del sistema de peaje de carretera o la central 19, sea en la forma exacta ($b/h_b - h_r$) o en forma “embastecida” como indicación de clase CLI. Este proceso de medida puede realizarse, por ejemplo, por el equipo de control o la radiobaliza 17, lo que se ha insinuado esquemáticamente en la figura 3. A este fin, la radiobaliza 17 puede disponer de un escáner 26, por ejemplo un escáner de láser, que explore geométricamente el vehículo 2 durante su paso; al mismo tiempo, el receptor de emisión 21 de la radiobaliza 17 puede medir por radiotriangulación, por ejemplo por medio de mediciones de fase en varias antenas o en una batería de antenas, la posición relativa R con referenciación de la radiotriangulación a la imagen de exploración del escáner 26. En lugar de un escáner 26 se podría emplear también, por ejemplo, una cámara que confeccione, por ejemplo, una imagen frontal del vehículo 2 en tránsito en la que se referencie nuevamente la posición relativa R de la OBU 15 por radiotriangulación mediante el receptor de emisión 21, o en cuya imagen frontal se detecte una OBU 15 pegada especialmente al lado interior del parabrisas mediante el reconocimiento óptico de su posición relativa R.

La posición relativa R medida de esta manera por un equipo de control 17 dispuesto delante de la unidad detectora 5 puede almacenarse después en la OBU 15, por ejemplo mediante una radiocomunicación 23’ desde el receptor de emisión 21, o puede archivarse en un banco de datos de la unidad de peaje de carretera 16, por ejemplo en la radiobaliza 17 o, a través de la vía de datos 18, en la central 19.

En el transcurso ulterior del procedimiento la posición relativa R, cuando la unidad detectora 5 necesite estos valores para controlar el rayo de medida 6, puede ser recibida por la OBU 15 a través de una radiocomunicación 23 o puede ser solicitada al banco de datos de la radiobaliza 17 o de la central 19 para una OBU determinada 15 a través de un

radiocanal de datos 27, en donde se selecciona dicha posición de una manera correspondiente. Es posible también prever para ello una memoria intermedia separada o un ordenador proxy en el sistema de peaje de carretera 16 que pueda proporcionar con especial rapidez los datos necesarios de la unidad detectora 5; la memoria intermedia puede ser estacionaria o móvil y puede recuperar regularmente los datos del banco de datos citado, por ejemplo una vez al día, para ponerlos a disposición de la unidad detectora 5.

Cuando la posición relativa R que se lee en la OBU 15 a través de la radiocomunicación 23 está almacenada allí en forma de una indicación de clase de vehículo CLI, se la traduce, como se ha explicado con ayuda de la tabla 1 del banco de datos DB, en los valores numéricos deseados, por ejemplo la dupla ($b/h_b - h_r$), antes de que se sea empleada para los demás cálculos.

En conocimiento de la situación L ($a, h_a - h_s$) y la posición relativa R ($b, h_b - h_r$) se pueden calcular ahora por medio de cálculos geométricos la dirección de irradiación, especialmente su ángulo β y/o la posición de irradiación A, especialmente su altura h_s, para el rayo de medida 6 de la unidad detectora 5, por ejemplo de la manera siguiente.

A partir de la separación z y la dirección δ se obtienen la separación y proyectada normalmente a la dirección de circulación 4 como

$$y = z\cos\delta \tag{1}$$

y la separación x entre la OBU 15 y el receptor de emisión 24, proyectada paralelamente a la calzada 3 o a la horizontal, como

$$x = \sqrt{y^2 - (h_b - h_a)^2} \tag{2}$$

En conocimiento de las distancias transversales a, b derivadas de la posición relativa recibida R y de la situación conocida L se obtiene la distancia transversal c entre la posición de irradiación A y la rueda 1 como

$$c = x - b - a \tag{3}$$

La distancia vertical entre la posición de irradiación A a la altura h_s y un punto de incidencia P sobre la rueda 1, que está situado a una altura porcentual F de la altura h_r de la rueda, por ejemplo F = 70%, asciende a

$$d = h_s - F \cdot h_r \tag{4}$$

Por tanto, la dirección de irradiación deseada β, especialmente para la forma de realización de la figura 2a con dirección de irradiación variable β, resulta ser

$$\beta = arctg\frac{d}{c} \tag{5}$$

Como alternativa, la posición de irradiación deseada A a una altura de irradiación deseada h_s, especialmente para la forma de realización de la figura 2b con posiciones de irradiación $A_1 - A_4$ de altura diferente, resulta ser

$$h_s = F \cdot h_r + c \cdot tg\beta \tag{6}$$

La dirección de irradiación – representada de manera simplificada en el ejemplo mostrado por el ángulo β, pero pudiendo entenderse en general por esto uno o varios de los ángulos α, β, γ - y la dirección de irradiación A – representada de manera simplificada en el ejemplo mostrado por la altura h_s, pudiendo fijarse en general también la posición de irradiación A en las dos direcciones espaciales restantes – se puede calcular así midiendo la dirección γ y la separación z entre la unidad embarcada 15 y el receptor de emisión 24.

Se sobrentiende que la unidad detectora 5 se puede materializar en la forma móvil mostrada como un vehículo de control y también en una forma estacionaria, por ejemplo empleando una radioinfraestructura existente tal como radiobalizas WAVE o DSRC de un sistema de peaje de carretera o radiobalizas WLAN de una infraestructura de Internet del lado de la carretera. Se pueden emplear así, por ejemplo, partes de emisión-recepción ya existentes de radiobalizas WLAN, WAVE o DSRC como parte de emisión-recepción de una unidad detectora Doppler 5. El procedimiento de la invención puede implementarse de esta manera, por ejemplo, como una aplicación de software que se ejecute en un equipo de control WLAN, WAVE o DSRC convencional móvil o estacionario.

Hasta ahora, se ha partido del supuesto de que la frecuencia de emisión del rayo de medida 6 es constante, es decir que su evolución temporal es una evolución constante. Sin embargo, es posible también que la unidad detectora 5 emita un rayo de medida 6 con una evolución de la frecuencia de emisión que no sea temporalmente constante, por ejemplo en el caso de procedimientos de saltos de frecuencia en los que la frecuencia cambia continuamente –

según un patrón prefijado o conocido. Las evoluciones registradas (de la mezcla) de la frecuencia de recepción de las figuras 1a-1d se registran con relación a la evolución temporal ya conocida de la frecuencia de emisión del rayo de medida 6 – sea éste constante o cambiante –, es decir que se referencian o se normalizan con respecto a éste, con lo que se puede compensar el efecto de las evoluciones de frecuencia de emisión conocidas.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para detectar una rueda en rotación (1) de un vehículo (2) por evaluación del desplazamiento Doppler de un rayo de medida (6) que es irradiado por una unidad detectora (5) sobrepasada por el vehículo (2), reflejado por la rueda (1) y recuperado en forma desplazada por efecto Doppler,

en el que el vehículo (2) presenta en una posición relativa (R) con respecto a la rueda (1) una unidad embarcada (15) que puede establecer una radiocomunicación (23) con un receptor de emisión (24) de situación conocida (L) en la unidad detectora (5), cuyo procedimiento comprende:

medición de la dirección (δ) y la separación (z) de la unidad embarcada (15) con respecto al emisor de recepción (24) a partir de al menos una radiocomunicación (23) entre éstos; y

control de la dirección de irradiación (α, β, γ) o de la posición de irradiación (A) del rayo de medición (6) en función de la dirección (δ) y la distancia (z) medidas y tomando en consideración la posición relativa (R) y la situación (L) citadas;

caracterizado por que se almacena la posición relativa citada (R) en la unidad embarcada (15) por medio de una entrada de usuario y se la lee en la unidad embarcada (15) para la toma en consideración citada a través de una radiocomunicación (23).

2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado** por que la entrada de usuario se efectúa a través de un teclado (KB) de la unidad embarcada (15).

3. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado** por que la entrada de usuario se efectúa con ayuda de un soporte de datos (TX) en el que está almacenada la posición relativa (R) y el cual es leído por la unidad embarcada (15).

4. Procedimiento según la reivindicación 3, **caracterizado** por que el soporte de datos (TX) está instalado en la unidad embarcada (15) y es leído por la unidad embarcada (15) a través de un enlace inalámbrico, preferiblemente según una norma RFID o NFC.

5. Procedimiento para detectar una rueda en rotación (1) de un vehículo (2) por evaluación del desplazamiento Doppler de un rayo de medida (6) que es irradiado por una unidad detectora (5) sobrepasada por el vehículo (2), reflejado por la rueda (1) y recuperado en forma desplazado por efecto Doppler,

en el que el vehículo (2) presenta en una posición relativa (R) con respecto a la rueda (1) una unidad embarcada (15) que puede establecer en la unidad detectora (5) una radiocomunicación (23) con un receptor de emisión (24) de situación conocida (L), cuyo procedimiento comprende:

medición de la dirección (δ) y la separación (z) de la unidad embarcada (15) con respecto al receptor de emisión (24) a partir de al menos una radiocomunicación (23) entre éstos; y

control de la dirección de irradiación (α, β, γ) o de la posición de irradiación (A) del rayo de medida (6) en función de la dirección (δ) y la separación (z) medidas y tomando en consideración la posición relativa (R) y la situación (L) citadas;

caracterizado por que se almacena la posición relativa citada (R) en la unidad embarcada (15) durante la fabricación de ésta y se lee dicha posición en la unidad embarcada (15) para la toma en consideración citada a través de una radiocomunicación (23).

6. Procedimiento para detectar una rueda en rotación (1) de un vehículo (2) por evaluación del desplazamiento Doppler de un rayo de medida (6) que es irradiado por una unidad detectora (5) sobrepasada por el vehículo (2), reflejado por la rueda (1) y recuperado en forma desplazada por efecto Doppler,

en el que el vehículo (2) presenta en una posición relativa (R) con respecto a la rueda (1) una unidad embarcada (15) que puede establecer en la unidad detectora (5) una radiocomunicación (23) con un receptor de emisión (24) de situación fija (L), cuyo procedimiento comprende:

medición de la dirección (δ) y la distancia (z) de la unidad embarcada (15) con respecto al receptor de emisión (24) a partir de al menos una radiocomunicación (23) entre éstos; y

control de la dirección de irradiación (α, β, γ) o de la posición de irradiación (A) del rayo de medida (6) en función de la dirección (δ) y la separación (z) medidas y tomando en consideración la posición relativa (R) y la situación (L) citadas;

caracterizado por que se mide la posición relativa citada (R) por medio de un equipo de control estacionario o móvil (17) y, a través de una radiocomunicación (23'), se almacena dicha posición en la unidad embarcada (15) en forma

de una indicación (CLI) de una clase de vehículo (CL) y, para la toma en consideración citada, se lee dicha posición en la unidad embarcada (15) a través de una radiocomunicación (23).

7. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado** por que la posición relativa citada (R) está almacenada en la unidad embarcada (15) en forma de una indicación (CLI) de una clase de vehículo (CL), y por que se lee la indicación de clase de vehículo (CLI) en la unidad embarcada (15) para la toma en consideración citada y, con ayuda de un banco de datos (DB), que asocia mutuamente las posibles clases de vehículo (CL) y los posibles valores numéricos (b, $h_b - h_r$) de posiciones relativas (R), se traduce dicha indicación de clase de vehículo en una posición relativa (R) con valores numéricos (b, $h_b - h_r$).

8. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado** por que la medición de la dirección (δ) y la separación (z) de la unidad embarcada (15) con respecto al receptor de emisión (24) se efectúa por radiotriangulación en el curso de la radiocomunicación (23) entre éstos.

9. Procedimiento según la reivindicación 8, **caracterizado** por que la radiotriangulación se efectúa por medio de mediciones de fase en una batería de antenas del receptor de emisión (24) de la unidad detectora (5).

10. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, **caracterizado** por que el rayo de medida (6) es un rayo de radar y el control de su dirección de irradiación (α, β, γ) se efectúa por control de fase de una batería de antenas (25) de la unidad detectora (5).

11. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, **caracterizado** por que el rayo de medida (6) es un rayo de radar y el control de su posición de irradiación (A) se efectúa por conmutación entre varias antenas (25') de la unidad detectora (5).

12. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, **caracterizado** por que se detecta una rueda (1) cuando la evolución temporal del desplazamiento Doppler (Δf) muestra un salto (10), una subida (11), una bajada (11) o una dispersión de frecuencia (F), rebasando en cada caso un valor umbral.

13. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, **caracterizado** por que la unidad detectora (5) está configurada en forma de un vehículo de control.

14. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13, **caracterizado** por que la radiocomunicación (23, 23') se efectúa según las normas UNI- o CEN-DSRC, ITS-G5, IEEE-WAVE o RFID.

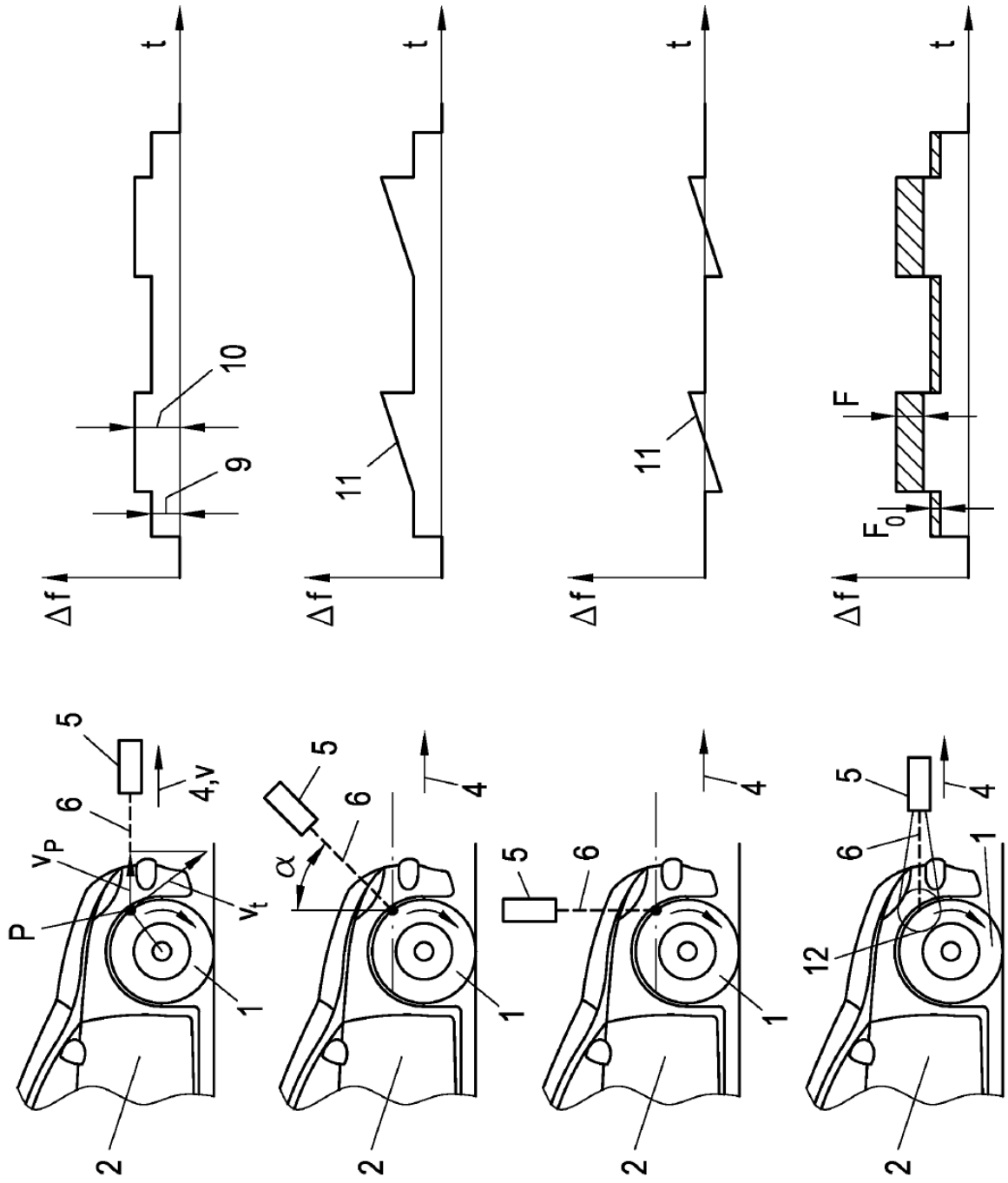

Fig. 1a

Fig. 1b

Fig. 1c

Fig. 1d

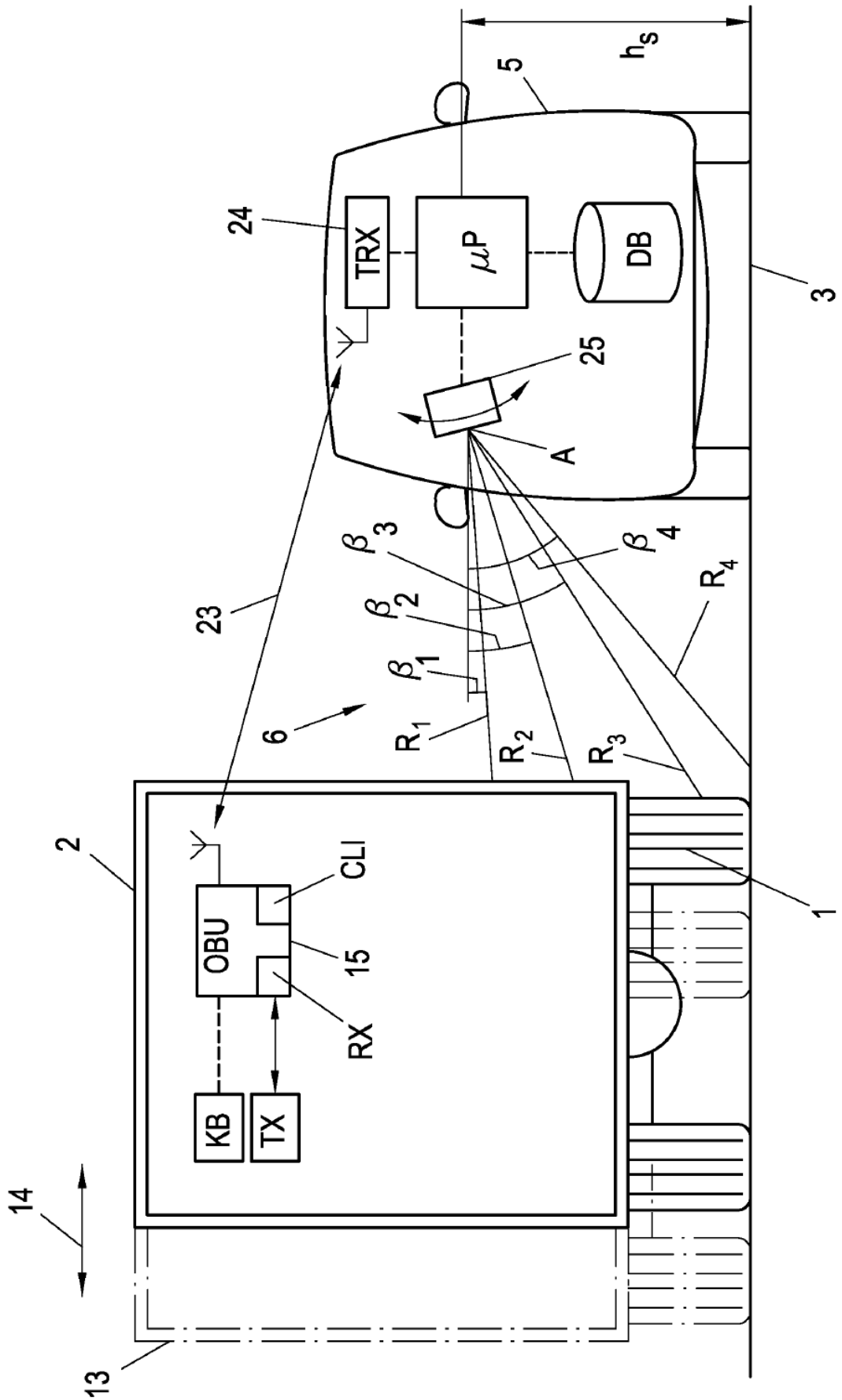
h_s
5
24
TRX
μP
DB
3
25
A
23
β_3
β_4
β_2
β_1
R_4
6
R_1
R_2
R_3
2
CLI
OBU
15
RX
KB
TX
1
14
13

Fig. 2a

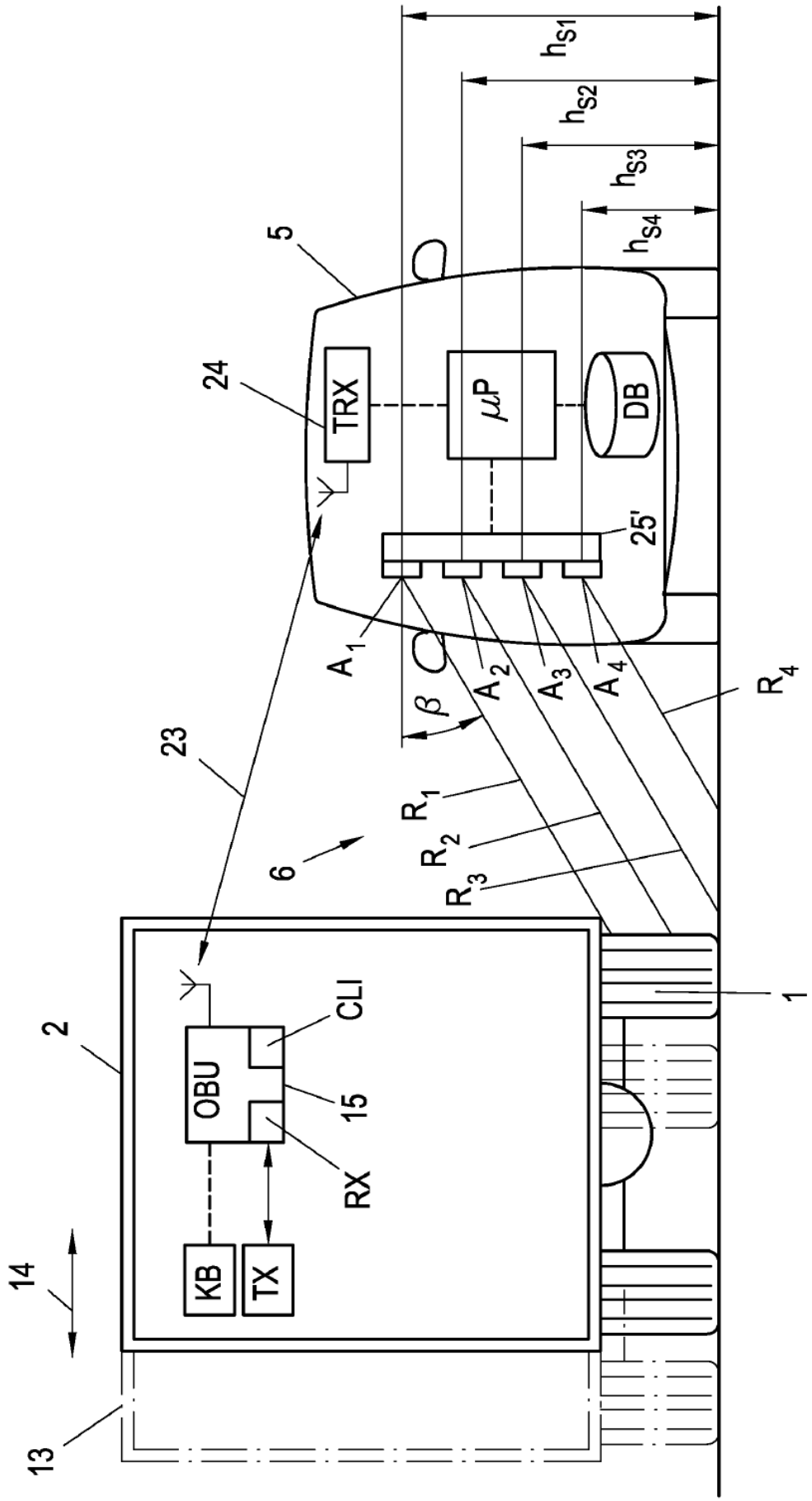
h_S1
h_S2
h_S3
h_S4
5
24
TRX
μP
DB
25'
A_1
A_2
A_3
A_4
β
R_1
R_2
R_3
R_4
23
6
2
OBU
CLI
15
RX
KB
TX
14
13
1

Fig. 2b

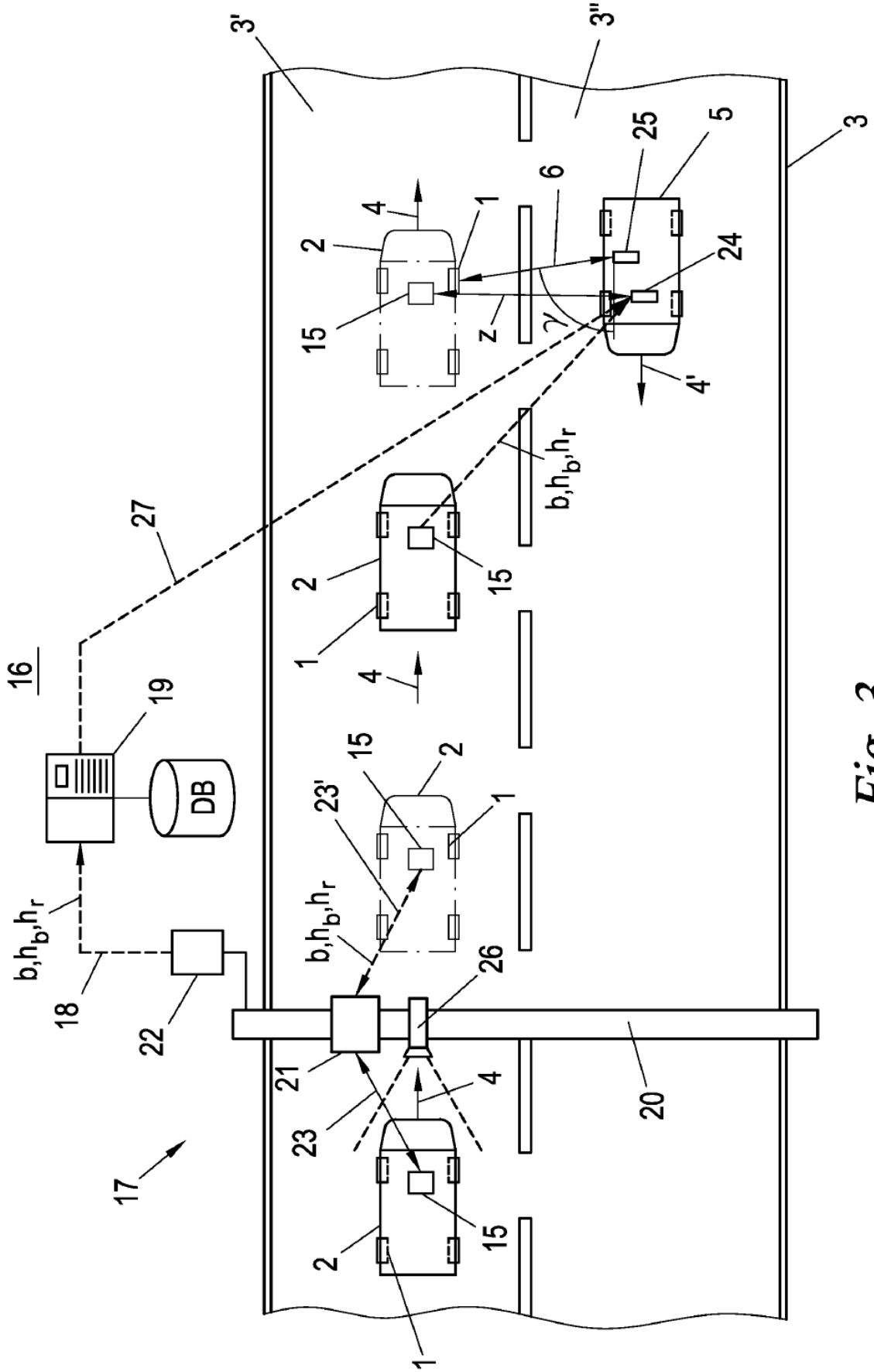

Fig. 3

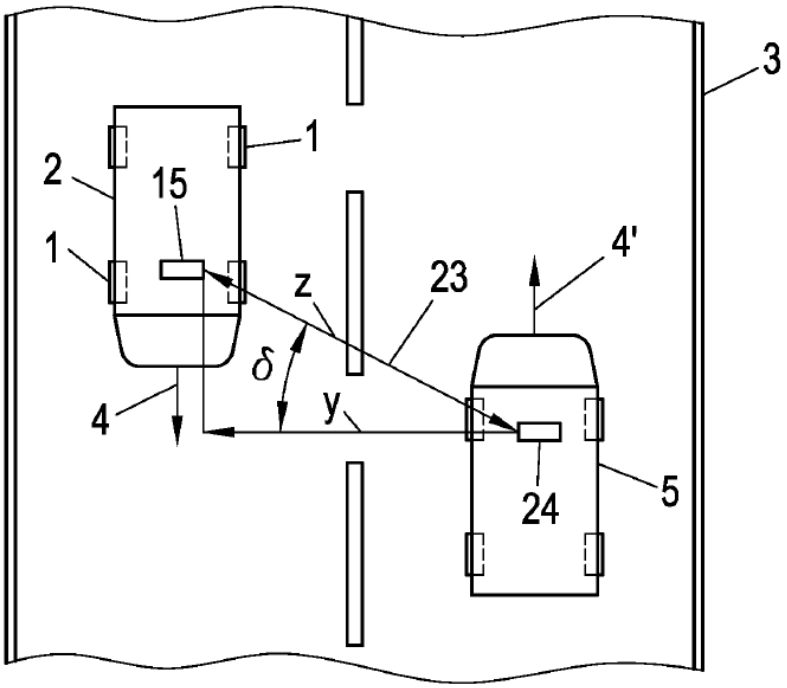

Fig. 4a

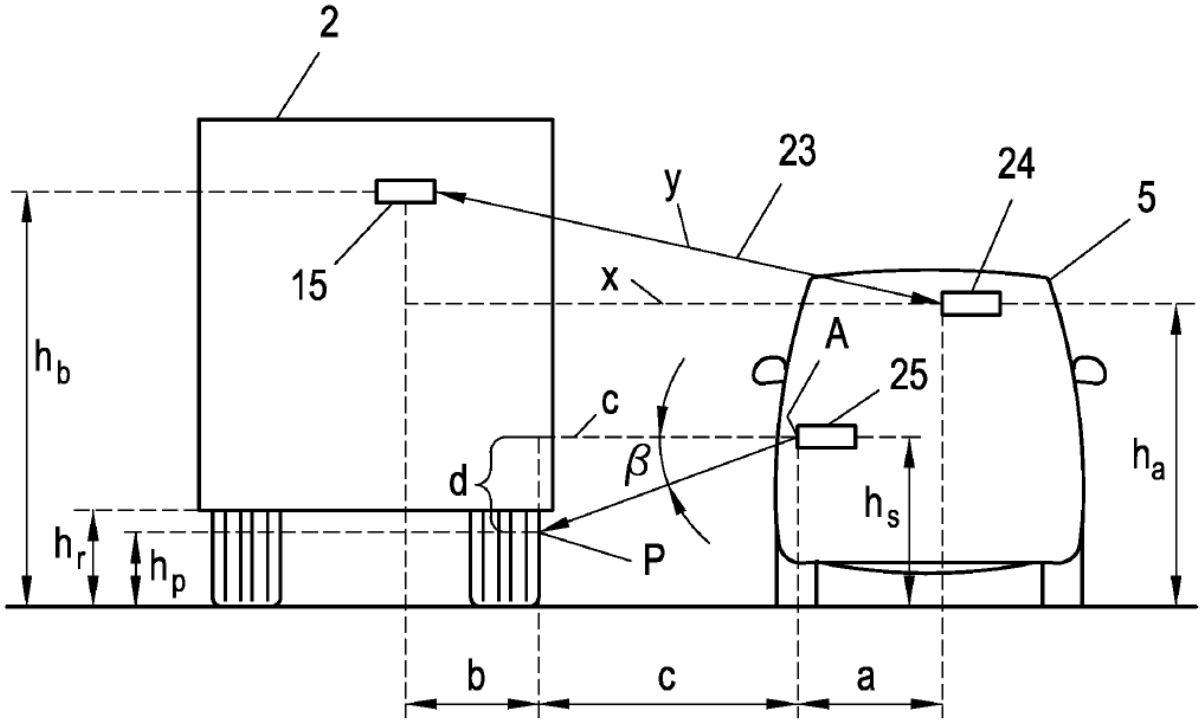

Fig. 4b