

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 527 573**

51 Int. Cl.:

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: **06.07.2012 E 12175290 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.10.2014 EP 2682778**

54 Título: **Procedimiento para la detección de una rueda de un vehículo**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
27.01.2015

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

NAGY, OLIVER

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 527 573 T3

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

DESCRIPCIÓN

Procedimiento para la detección de una rueda de un vehículo

5 La presente invención se refiere a un procedimiento para la detección de una rueda que gira de un vehículo mediante evaluación del desplazamiento de Doppler de un rayo de medición, que es irradiado por una unidad de detector por la que ha pasado el vehículo, reflejado por la rueda y recuperado por desplazamiento de Doppler.

10 La detección de ruedas de vehículos es de interés en numerosas aplicaciones. Así puede reconocerse con seguridad la circulación por una determinada superficie de tráfico a partir del reconocimiento de ruedas, por ejemplo para la vigilancia de fronteras o para la activación de determinadas acciones, tales como la activación de una alarma, la conexión de una luz, la apertura de un armario, la toma de una foto con fines de vigilancia, etc. A menudo, los sistemas de tasas de transporte modernos también se ajustan al número de ejes de vehículos para el cálculo de tasas, de modo que la detección de ruedas (ejes de rueda) también puede ser una base importante para la recaudación o el control de tasas de peajes, en particular también mediante vehículos de control móviles, que deben controlar el número de ejes de vehículos sujetos a peaje al pasar circulando o en el tráfico en contra.

20 Por el documento DE 10 2008 037 233 A1 es conocida la detección de ruedas de un vehículo que se mueve debido a su componente horizontal de la velocidad tangencial, diferente con respecto al vehículo restante, que provoca un desplazamiento de frecuencia de Doppler correspondiente de un rayo de medición de radar. Para esto se usa un velocímetro de radar que irradia con un lóbulo de radiación de radar la zona inferior de vehículos que pasan y promedia en el tiempo una única señal de medición de la velocidad a partir de la mezcla de frecuencias de recepción que ha recibido de vuelta, que muestra en los lugares de las ruedas máximos de señales que se usan para la detección de ruedas.

25 En las solicitudes de patente no publicadas previamente EP 11 450 079.6, EP 11 450 080.4 y PCT/EP 2012/061645, el solicitante de la presente solicitud ha presentado procedimientos nuevos, particularmente no propensos a fallar y seguros para la detección de ruedas sobre la base de mediciones de Doppler.

30 El solicitante ha reconocido que para otra mejora de la seguridad de detección es deseable una orientación lo mejor posible del rayo de medición de Doppler a vehículos que pasan circulando. En carreteras de varios carriles o carreteras con tráfico en contra, a menudo la separación de paso de un vehículo en la unidad de detector es muy variable, ya sea en función del estilo de conducción o de las dimensiones del vehículo. De esta manera, puede resultar una iluminación insuficiente de la rueda que debe detectarse con el rayo de medición con los consiguientes errores de detección.

35 La invención se fija como objetivo superar los problemas ilustrados y crear otro procedimiento mejorado para la detección de ruedas sobre la base de mediciones de Doppler.

40 Este objetivo se consigue de acuerdo con la invención con un procedimiento con las características de la reivindicación 1 o de la reivindicación 2.

45 La invención se basa en recurrir a las llamadas unidades de a bordo (onboard-units (OBU)), que sirven para establecer peajes de usos de lugar de vehículos en sistemas de peaje y de comunicación para resolver los mencionados problemas. Las unidades de a bordo de este tipo pueden establecer en su camino comunicaciones por radio de corto alcance (dedicated short range communications, DSRC) con radiobalizas de carretera (roadside entities, RSE) de posición conocida, por lo cual pueden localizarse en caso de comunicación por radio DSRC eficaz respectivamente en la zona de cobertura de radio de la radiobaliza. Son ejemplos de tales sistemas de peaje vinculados a infraestructuras apoyados por balizas sistemas de peaje de acuerdo con los estándares CEN-DSRC o ITS-WAVE (IEEE 802.11p). Pero también las unidades de a bordo de sistemas de peaje "sin balizas" apoyados por satélites en los que las unidades de a bordo se localizan ellas mismas de manera autónoma en un sistema de navegación por satélite (global navigation satellite system, GNSS) y envían sus datos de localización o datos de peaje generados a partir de esto, por ejemplo a través de una red de telefonía móvil a una central, pueden estar dotadas adicionalmente de módulos de radio DSRC, ya sea para fines de lectura de control o como llamadas "OBU híbridas", que pueden cooperar tanto con sistemas de peaje GNSS como DSRC.

55 Por el documento US 2003/0102997 A1 es conocido un sistema de evitación de colisiones sobre la base de OBU especiales que emiten señales de radar para la detección de radares de vehículos adyacentes. Al mismo tiempo, las señales de radar están moduladas con fines de comunicación para comunicarse con OBU de vehículos adyacentes, que de esta manera pueden dar, por ejemplo, información más cercana sobre la posición para facilitar la detección de radares.

60 El procedimiento de la invención usa la capacidad de comunicación por radio de las unidades de a bordo para determinar a partir de una comunicación por radio en el paso de la unidad de detector de Doppler las proporciones geométricas para la unidad de detector y determinar a partir de esto la separación de paso, lo cual se aprovecha a su vez para la orientación del rayo de medición de Doppler de la unidad de detector. Como resultado, puede

conseguirse una orientación individual, adaptativa y exacta del rayo de medición sobre las ruedas de un vehículo que está pasando, por lo cual pueden realizarse todos los tipos de procedimientos de evaluación de Doppler para la detección de ruedas, incluso con separaciones de vehículos variables con elevada certeza y exactitud.

5 Para establecer el sentido y la distancia medidos a partir de la comunicación por radio entre transceptor de la unidad de detector y unidad de a bordo del vehículo en una relación lo más exacta posible con respecto al sentido y la distancia del rayo de medición entre la unidad de detector y las ruedas del vehículo, es deseable conocer lo mejor posible la posición relativa de la unidad de a bordo sobre el vehículo con respecto a las ruedas del vehículo. Sin embargo, esta posición relativa puede variar mucho dependiendo de la situación de montaje de la unidad de a bordo sobre el vehículo. A menudo, el usuario coloca las unidades de a bordo en el lado interior del parabrisas, generalmente en una posición prescrita, por ejemplo, en una esquina o arriba en la mitad del parabrisas. De acuerdo con la invención, la posición relativa se mide por separado para cada vehículo, de modo que el usuario no necesita respetar instrucciones de montaje determinadas o los montajes incorrectos son insignificantes. Para esto, en la primera variante de la invención la mencionada posición relativa es medida por un equipo de control estacionario o móvil y se guarda mediante una comunicación por radio en la unidad de a bordo y, para la mencionada consideración, la posición relativa guardada en la unidad de a bordo es leída mediante una comunicación por radio. En la segunda variante de la invención, para el mencionado fin, la mencionada posición relativa es medida por un equipo de control estacionario o móvil y se guarda en un banco de datos y, para la mencionada consideración, se selecciona la posición relativa guardada en el banco de datos.

20 El equipo de control que mide la posición relativa puede ser, por ejemplo, una de las radiobalizas de carretera (RSE) repartidas geográficamente de un sistema de peaje apoyado por balizas, y la mencionada medición de la posición relativa de la unidad de a bordo sobre un vehículo puede llevarse a cabo en radiobalizas particularmente equipadas del mismo. En la mencionada primera forma de realización se guarda por sí misma entonces la posición relativa medida en la unidad de a bordo y la misma la transporta hasta la lectura mediante la unidad de detector; en la mencionada segunda forma de realización se guarda la posición relativa en un banco de datos central o descentralizado para cada unidad de a bordo o cada vehículo hasta que una unidad de detector requiere y pide esta información.

30 En las dos últimas variantes mencionadas, la medición de la posición relativa puede realizarse preferentemente mediante elaboración de una imagen de exploración del vehículo con un escáner del equipo de control, mediante triangulación por radio de la unidad de a bordo con un transceptor del equipo de control y mediante referenciado de la triangulación por radio a la imagen de exploración. A este respecto, la triangulación por radio puede realizarse en particular mediante mediciones de fase en un conjunto de antenas del transceptor del equipo de control.

35 Como alternativa, la posición relativa también podría medirse por vía óptica, por ejemplo mediante elaboración de una imagen frontal del vehículo con una cámara y reconocimiento óptico de la posición de la unidad de a bordo en la imagen frontal.

40 Preferentemente, la medición de sentido y distancia entre unidad de a bordo y transceptor también puede realizarse mediante triangulación por radio durante la comunicación por radio entre los mismos, en particular mediante mediciones de fase en un conjunto de antenas del transceptor de la unidad de detector.

45 El procedimiento de la invención es adecuado para todo tipo de rayo de medición que tenga una frecuencia que esté sujeta a un desplazamiento de frecuencia en función del efecto de Doppler en el caso de reflexión en un objeto que se mueve, como en este caso una rueda que gira. Por ejemplo, el rayo de medición podría ser un rayo láser o de ultrasonido. Preferentemente, el rayo de medición es un rayo de radar y el control de su sentido de irradiación se realiza mediante control de fases de un conjunto de antenas de la unidad de detector; como alternativa, el rayo de medición podría ser un rayo de radar y el control de su sentido de irradiación podría realizarse mediante conmutación entre varias antenas de la unidad de detector.

50 El procedimiento de acuerdo con la invención también es adecuado para una interacción con toda variante imaginable de procedimientos de detección de ruedas mediante una evaluación del desplazamiento de Doppler del rayo de medición en el transcurso temporal. Las variantes preferentes de la invención se caracterizan por que se detecta una rueda cuando el transcurso temporal del desplazamiento de Doppler muestra un salto, una subida, una caída o una dispersión de frecuencia respectivamente mediante un valor umbral, y también son imaginables combinaciones de estas variantes.

60 El procedimiento de la invención es adecuado para unidades de detector tanto estacionarias como móviles. Preferentemente, la unidad de detector 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 en contra o vehículos sobre carriles adyacentes del mismo sentido de la marcha y detectarse en relación con sus ruedas.

65 El procedimiento de la invención también es adecuado para todo tipo de comunicaciones por radio que pueden efectuar las mencionadas unidades de a bordo, por ejemplo, también para comunicaciones de telefonía móvil en redes terrestres de telefonía móvil. Sin embargo, las comunicaciones por radio son, preferentemente,

comunicaciones por radio en el marco de sistemas de peaje apoyados por balizas de acuerdo con los estándares CEN-DSRC o ITS-WAVE.

A continuación, la invención se explica más en detalle mediante ejemplos de realización representados en los dibujos. En los dibujos muestran:

5 Las Figuras 1a – 1d, transcurros temporales de desplazamiento de Doppler idealizados, a modo de ejemplo, en diferentes posiciones angulares de un rayo de medición de Doppler relativo a una rueda;
 Las Figuras 2a y 2b, dos variantes del procedimiento de acuerdo con la invención mediante recorridos de rayo a modo de ejemplo entre un vehículo de control y un vehículo que debe controlarse visto en sentido de la marcha;
 10 La Figura 3, diferentes variantes del procedimiento de la invención mediante una vista superior esquemática sobre una sección de carretera con un equipo de control estacionario, una unidad de detector configurada como vehículo de control y un vehículo que debe controlarse en fases consecutivas del procedimiento; y
 Las Figuras 4a y 4b, los fundamentos geométricos del procedimiento de la invención mediante una vista superior (Figura 4a) y una vista frontal en sentido de la marcha (Figura 4b) sobre el vehículo de control y el vehículo que
 15 debe controlarse en el tráfico en contra.

20 Las Figuras 1 a 3 muestran el principio de la detección de una rueda 1 que gira de un vehículo 2 que se mueve por una calzada 3, más exactamente una vía 3' de la misma, en un sentido de la marcha 4. El procedimiento de detección de ruedas se realiza con ayuda de o en una unidad de detector 5 que está configurada móvil y en forma de un vehículo de control en el ejemplo mostrado. La unidad de detector o el vehículo de control 5 se mueve, por ejemplo, por una segunda vía 3" de la calzada 3 en un sentido de la marcha 4 que es preferentemente, pero no necesariamente, antiparalelo al sentido de la marcha 4 del vehículo 2 que debe controlarse. Se entiende que la unidad de detector 5 también podría ser estacionaria, por ejemplo instalada en el arcén de la calzada 3 o vía 3'.

25 La unidad de detector 5 envía un rayo de medición 6, por ejemplo un rayo de medición por ultrasonido, LIDAR o, preferentemente, por radar, sobre el vehículo 2 o sus ruedas 1 durante el paso para detectar así las ruedas 1. Por las vistas laterales de las Figuras 1a – 1d es evidente que el rayo de medición 6 puede dirigirse a la rueda 1 desde delante (Figura 1a), inclinado desde delante-arriba (Figura 1b), desde arriba (Figura 1c) o en cualquier otro sentido del plano del dibujo de la Figura 1 en un ángulo α con respecto a la vertical. Por la Figura 2a es evidente que la
 30 unidad de detector 5 puede emitir el rayo de medición 6 visto en sentido de la marcha 4 en ángulos diferentes β con respecto a la horizontal, por ejemplo, desde una posición de irradiación A a una altura h_s predefinida por la calzada 3, lo cual está ilustrado por cuatro recorridos de rayo R_1, R_2, R_3 y R_4 , a modo de ejemplo, del rayo de medición 6. En la Figura 2b se puede reconocer que el rayo de medición 6 también puede ser emitido, por ejemplo, desde posiciones de irradiación A_1, A_2, A_3, A_4 a diferentes alturas $h_{s1}, h_{s2}, h_{s3}, h_{s4}$ en, por ejemplo, ángulos iguales β con respecto a la horizontal. En la vista superior de la Figura 3 está ilustrado que el rayo de medición 6 puede adoptar diferentes ángulos γ con respecto al sentido de la marcha 4 (o 4'), por ejemplo orientado inclinado hacia delante por
 35 la unidad de detector 5.

40 La unidad de detector 5 es un detector Doppler y evalúa, como se conoce en la técnica, la frecuencia de recepción del rayo de medición 6 reflejado por el vehículo 2 o sus ruedas 1, pudiendo determinarse por el desplazamiento de frecuencia Δf en función del efecto Doppler entre el rayo de medición 6 emitido y reflejado la componente v_p situada (proyectada) en sentido del rayo de medición 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 medición 6. En las mitades derechas de las Figuras 1a – 1d está proyectado este desplazamiento de frecuencia en función del efecto Doppler,
 45 brevemente desplazamiento de Doppler, Δf en su transcurso temporal a través del tiempo t .

Si se irradia el rayo de medición 6 paralelamente al plano de la calzada 3 ($\alpha = 90^\circ, \beta = 0^\circ, \gamma \neq 90^\circ$), resulta el recorrido de desplazamiento de Doppler mostrado en la Figura 1a, con una subida 9 repentina en cuanto el rayo de medición 6 alcanza la carrocería 2, que se mueve a la velocidad v , del vehículo 2, y un salto 10 adicional durante el
 50 paso de la rueda 1. Si el rayo de medición 6 alcanza la rueda 1 o el vehículo 2 ligeramente inclinado desde arriba ($0 < \alpha < 90^\circ, 0 < \beta < 90^\circ, 0 < \gamma < 180^\circ$), resulta el recorrido de desplazamiento de Doppler mostrado en la Figura 1b con una subida (o, en función del sentido de observación y de paso, caída) 11 durante el paso de una rueda 1. Un sentido de irradiación inclinado desde arriba con $\alpha = 0^\circ, 0 < \beta < 90^\circ$ y $\gamma = 90^\circ$ provoca las subidas (o, en función del sentido de observación, caídas) 11 mostradas en la Figura 1c, que están corregidas en la velocidad propia v del
 55 vehículo 2.

La Figura 1d muestra que, con un corte transversal de rayo ampliado de manera real, no en forma de puntos ideales del rayo de medición 6 en la zona de incidencia 12 del rayo de medición 6 sobre la rueda 1 o el vehículo 2 siempre surge una superposición de las diferentes velocidades (tangenciales) debidas a diferentes puntos P en la zona de
 60 incidencia 12 o velocidades proyectadas v_p que, durante el paso de una rueda 1, provoca una mezcla de frecuencias de recepción, es decir, un fraccionamiento o dispersión F del recorrido de desplazamiento de Doppler, que es mayor que aquella dispersión de frecuencia F_0 que solo surge durante el paso de la carrocería del vehículo 2. También puede establecerse una dispersión de frecuencia F de este tipo como criterio para la aparición de una rueda 1.

65 Por eso, la aparición de una rueda 1 en un vehículo 2 que pasa puede detectarse, por ejemplo, mediante un salto de

frecuencia 10, una subida o caída 11 y/o una dispersión de frecuencia F que exceden respectivamente un valor umbral predefinido.

5 Para la llamada evaluación y detección de Doppler, la unidad de detector 5 puede ser de todo tipo conocido en la técnica, ya sea con un rayo de medición 6 continuo, modulado o por impulsos. Con un rayo de medición 6 continuo puede calcularse un desplazamiento de frecuencia de Doppler entre las frecuencias propias ("frecuencias portadoras") del rayo de medición 6 emitido y del reflejado, por ejemplo mediante medición de interferencias. Con un rayo de medición por impulsos o modulado puede medirse un desplazamiento de Doppler entre las tasas de impulsos o frecuencias de modulación del rayo de medición 6 emitido y del reflejado. Todas estas frecuencias
10 propias, portadoras, de impulsos o de modulación se entienden por las expresiones empleadas en este documento de la "frecuencia de emisión" del rayo de medición 6 y "frecuencia de recepción" del rayo de medición 6 reflejado, es decir, la expresión frecuencia de recepción comprende cualquier frecuencia del rayo de medición 6 influenciado por un efecto Doppler.

15 Las Figuras 2a y 2b muestran, mediante los recorridos R_1 a R_4 , a modo de ejemplo, del rayo de medición 6 en diferentes sentidos de irradiación β_1 a β_4 (Figura 2a) o desde diferentes posiciones de irradiación A_1, A_2, A_3, A_4 (Figura 2b) y para diferentes posiciones horizontales 13 del vehículo 1 con respecto a la unidad de detector 5 (flecha 14) que puede haber sentidos de irradiación β o posiciones de irradiación A en las que el rayo de medición 6 no alcance el vehículo 2 y/o sus ruedas 1. Para evitar esto, sirve el procedimiento descrito ahora a continuación.

20 El procedimiento se basa en el uso de unidades de a bordo (OBU) 15 que lleva consigo respectivamente un vehículo 2 para autorizarle la participación en un sistema de peajes o de comunicación. Como se recurre a la detección de ruedas 1 de un vehículo 2 precisamente para sistemas de peaje a menudo como base para el cálculo de tasas, los OBU 15 pueden usarse al mismo tiempo en tales sistemas de peaje para los fines explicados en el presente documento.

30 La Figura 3 muestra por secciones un sistema de peaje 16 que comprende una pluralidad de equipos de control 17 repartidos geográficamente (solo se muestra uno), que están instalados por ejemplo a lo largo de la calzada 3 con separaciones mutuas. Los equipos de control 17 están conectados mediante líneas de datos 18 con una central 19 del sistema de peaje 16. El sistema de peaje 16, en particular sus equipos de control 17, establecen peajes (establecen tasas) para usos de lugar de vehículos 2, por ejemplo la circulación en la calzada 3.

35 Con este fin, los equipos de control 17 pueden estar realizados por ejemplo como radiobalizas con un transceptor 21 dispuesto en un puente de carretera ("gantry") 20 y un ordenador de baliza 22 conectado y efectuar a través del transceptor 21 una comunicación por radio de corto alcance 23 (dedicated short range communication, DSRC) con la OBU 15 de un vehículo 2 que pasa. La comunicación por radio DSRC 23 puede conducir, por ejemplo, a una transacción de peaje que se notifica mediante el ordenador de baliza 22 y la conexión de datos 18 a la central 19 y/o se guarda en la OBU 15.

40 Los equipos de control (radiobalizas) 17, las OBU 15 y sus transceptores internos para efectuar las comunicaciones por radio DSRC 23 pueden estar estructurados de acuerdo con todos los estándares DSRC conocidos, en particular CEN-DSRC, ITS-G5 o WAVE (wireless access in vehicular environments). Cada comunicación por radio DSRC 23 durante un paso de una radiobaliza 17 puede cargar, por ejemplo, un determinado pago por uso de una cuenta de crédito en la central 19 y/o la OBU 15 y representa entonces una "transacción de cargo"; sin embargo, las
45 comunicaciones por radio DSRC 23 también pueden formar transacciones de identificación, de mantenimiento, de actualización de software o similares en el marco del sistema de peaje 16.

50 En particular, también se puede recurrir a las comunicaciones por radio DSRC 23 para la consulta por radio (lectura) de datos guardados en las OBU 15, tales como datos maestros, datos de identificación, datos de transacción, datos de registros, etc. No solo los equipos de control o radiobalizas 17 fijos pueden realizar tales consultas por radio 23, sino también las radiobalizas 17 "móviles" en forma de una unidad de detector 5 configurada como vehículo de control. En otras palabras, la unidad de detector 5 también puede actuar como radiobaliza 17, y, por lo demás, también a la inversa, una radiobaliza 17 como unidad de detector 5. Por ello, todo lo que se expone acerca de la capacidad de comunicación DSRC de la radiobaliza 17 es aplicable también a la unidad de detector 5, que está
55 dotada de un transceptor 24 propio con este fin, y a la inversa.

60 Por lo demás, las consultas por radio de OBU 15 mediante comunicaciones por radio DSRC 23 también pueden llevarse a cabo en sistemas de peaje 16 basados en navegación por satélite (global navigation satellite system, GNSS) en los que las OBU 15 se localizan, en lugar de por una red de radiobalizas 17 terrestres, respectivamente de manera autónoma mediante un receptor GNSS y envían sus lugares o transacciones de peaje calculadas a partir de esto por ejemplo mediante la red de radiobalizas o una red de telefonía móvil independiente a la central 19: en este caso, las OBU 15 también pueden estar dotadas de transceptores DSRC para consultas por radio mediante radiobalizas (equipos de control) 17 o vehículos de control (unidades de detector) 5. Por ello, el procedimiento descrito en el presente documento y la unidad de detector 5 debatida en el presente documento son adecuados para
65 la interacción tanto con sistemas de peaje 16 basados en balizas como basados en satélites.

- Como consecuencia, se recurre a una comunicación por radio 23 entre el transceptor 24 de la unidad de detector 5 y el transceptor interno (no representado) de la OBU 15 para determinar la separación entre la unidad de detector 5 y el vehículo 2 que debe controlarse y dirigir en función de esto el sentido de irradiación β y/o la posición de irradiación A del rayo de medición 6 de la unidad de detector 5. Para esto, se emplea una unidad de detector 5 cuyo rayo de medición 6 también se puede dirigir correspondientemente: si la unidad de detector 5 trabaja sobre la base de un radar de Doppler, esto puede suceder por ejemplo mediante un pivotado o una regulación mecánica de una antena direccional 25 mediante la cual se envía y recibe el rayo de medición 6. En lugar de una antena direccional 25, también podría usarse un conjunto de antenas cuyo sentido de irradiación se puede regular mediante control de fases correspondiente, como se conoce en la técnica. Como alternativa o adicionalmente, la unidad de detector 5 también podría tener un grupo 25' de varias antenas o conjuntos de antenas que, por ejemplo, están dispuestos a las alturas h_{s1} , distanciados entre sí hasta h_{s1} , y son conmutables, para obtener diferentes posiciones de irradiación A_1 a A_4 . A este respecto, los recorridos de rayo R_1 a R_4 de las distintas posiciones de irradiación A_1 a A_4 pueden tener diferentes ángulos β . En el caso de una unidad de detector 5 que trabaja sobre la base de un LIDAR de Doppler, el sentido de irradiación β y/o la posición de irradiación A del rayo de medición 6 también podría modificarse con ayuda de una disposición correspondiente de espejos de desviación, como se conoce en la técnica. En el caso de una unidad de detector 5 basada en la evaluación de Doppler de ultrasonidos podrían emplearse correspondientemente transformadores de ultrasonidos regulables de manera mecánica o conjuntos de transformadores de ultrasonidos dirigibles por fases, etc. y así sucesivamente.
- Además, el procedimiento se basa en el uso de transceptores 24 en la unidad de detector 5 que son capaces de medir la longitud del tramo de comunicación de una comunicación por radio 23, es decir, la distancia z entre transceptor 24 y OBU 15, así como el sentido de la OBU 15 con respecto al transceptor 24. Esto está mostrado en detalle en las Figuras 4a y 4b.
- De acuerdo con la Figura 4a, con el "sentido" de la OBU 15 del vehículo 2 con respecto al transceptor 24 de la unidad de detector 5 se designa al menos el ángulo δ paralelo al plano del vehículo 3 de la línea de conexión imaginada entre OBU 15 y transceptor 24 en relación con una normal con respecto al sentido de la marcha 4, más exactamente con respecto al sentido de la marcha 4' de la unidad de detector 5.
- En una primera etapa del procedimiento, a partir de una comunicación por radio 23 llevada a cabo entre OBU 15 y transceptor 24 se miden el sentido δ y la distancia z de la OBU 15 con respecto al transceptor 24. Para esta medición, el transceptor 24 puede tener, por ejemplo, varias antenas o un conjunto de antenas en el que pueda determinarse mediante mediciones de tiempo de ejecución y/o de fase el sentido de recepción δ de un paquete de datos enviado por la OBU 15 y recibido en el transceptor 24 durante la comunicación por radio 23. La distancia z puede determinarse, por ejemplo, a partir de mediciones de tiempo de ejecución de señal o incluso mediante envío de mediciones de posición GNSS de la OBU 15, que comunica al transceptor 24, que compara las mismas con mediciones de posición GNSS propias.
- Para determinar a partir de la distancia z y el sentido δ la separación de paso entre vehículo 2 y unidad de detector 5 y, en particular, la ubicación de las ruedas 1 con respecto a la posición de irradiación A del rayo de medición 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 ubicación del transceptor 24 con respecto a la posición de irradiación A de la unidad de detección 5.
- El lugar de montaje de la OBU 15 sobre el vehículo 2 solo es de interés en relación con la posición relativa R de la OBU 15 con respecto a las ruedas 1, y en particular en relación con la separación transversal b de la OBU 15 con respecto 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; el lugar de montaje de la OBU 15 en sentido de la marcha 4 sobre el vehículo 2 no es relevante en este caso.
- En el lado de la unidad de detector 5, la ubicación L del transceptor 24 con respecto a la posición de irradiación A del rayo de medición 6 puede calcularse con la separación transversal a del transceptor 24 con respecto 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 transceptor 24 y la altura de montaje h_s de la posición de irradiación A sobre la calzada 3.
- La ubicación L o ($a, h_a - h_s$) del transceptor 24 en la unidad de detector 5 siempre es conocida. La posición relativa R o ($b, h_b - h_r$) de la OBU 15 sobre el vehículo 2 puede variar en función del lugar de montaje, por ejemplo si el usuario coloca la propia OBU 15 en el lado interior del parabrisas en diferentes posiciones. De acuerdo con una primera variante del procedimiento, la posición relativa R de la OBU 15 sobre el vehículo 2 se le predefine al usuario, es decir, correspondientemente a los tipos de su vehículo 2 debe colocar la OBU 15 en una posición relativa predefinida. La posición relativa R puede entonces considerarse conocida; por ejemplo, puede extraerse de tablas específicas de vehículos.
- En una forma de realización alternativa, se mide la posición relativa R de la OBU 15 sobre el vehículo 2 y se guarda el resultado de la medición o bien en la propia OBU 15 o bien en un banco de datos en el sistema de peaje 16, por ejemplo en una de las radiobalizas 17, un ordenador proxy del sistema de peaje o la central 19. Por ejemplo, el

equipo de control o la radiobaliza 17 puede llevar a cabo este procedimiento de medición, lo cual se esboza esquemáticamente en la Figura 3. Con este fin, la radiobaliza 17 puede disponer de un escáner 26, por ejemplo, un escáner de láser, que explora geoméricamente el vehículo 2 durante el paso; al mismo tiempo, el transceptor 21 de la radiobaliza 17 puede medir por triangulación por radio, por ejemplo, mediante mediciones de fase en varias antenas o en un conjunto de antenas, la posición relativa R con referenciado de la triangulación por radio a la imagen de exploración del escáner 26. En lugar de un escáner 26 también podría usarse por ejemplo una cámara, que elabora por ejemplo una imagen frontal del vehículo 2 que pasa, en el que se referencia de nuevo la posición relativa R de la OBU 15 por triangulación por radio mediante el transceptor 21, o en qué imagen frontal se detecta una OBU 15 pegada en particular en el lado interior del parabrisas OBU 15 mediante reconocimiento óptico de su posición relativa R.

Semejante posición relativa R medida por un equipo de control 17 dependiente de la unidad de detector 5 puede entonces ser guardada por ejemplo mediante una comunicación por radio 23' por el transceptor 21 en la OBU 15 o creada en un banco de datos del sistema de peaje 16, por ejemplo en la radiobaliza 17 o mediante la ruta de datos 18 en la central 19.

Por ello, como consecuencia del procedimiento, la posición relativa R puede ser recibida por la OBU 15 mediante una comunicación por radio 23 si la unidad de detector 5 requiere estos valores para el control del rayo de medición 6, o pedir para una determinada OBU 15 mediante un canal de datos por radio 27 del banco de datos de la radiobaliza 17 o de la central 19, donde se selecciona correspondientemente. También es posible prever para esto una memoria intermedia u ordenador de proxy separado en el sistema de peaje 16 que pueda facilitar los datos requeridos de la unidad de detector 15 particularmente rápido; la memoria intermedia puede ser estacionaria o móvil y pedir los datos del mencionado banco de datos regularmente, por ejemplo una vez al día para facilitárselos a la unidad de detector 5.

Con conocimiento de ubicación L (a, h_a - h_s) y posición relativa R (b, h_b - h_r) puede calcularse ahora mediante cálculos geométricos el sentido de irradiación, en particular su ángulo β y/o la posición de irradiación A, en particular su altura h_s para el rayo de medición 6 de la unidad de detector 5, por ejemplo de la siguiente manera.

A partir de la distancia z y el sentido δ resulta la distancia y proyectada de manera normal con respecto al sentido de la marcha 4 con

$$y = z \cos \delta \quad (1)$$

y la distancia x entre OBU 15 y transceptor 24 proyectada paralelamente a la calzada 3 u horizontal con

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

En conocimiento de las separaciones transversales a, b a partir de la posición relativa R recibida y la ubicación L conocida resulta la separación transversal c entre posición de irradiación A y rueda 1 con

$$c = x - b - a \quad (3)$$

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

$$d = h_s - F \cdot h_r \quad (4)$$

Con esto resulta el sentido de irradiación β deseado, especial para la forma de realización de la Figura 2a con sentido de irradiación β variable, con

$$\beta = \arctan \frac{d}{c} \quad (5)$$

Como alternativa, resulta la posición de irradiación A deseada a una altura de irradiación h_s deseada, especial para la forma de realización de la Figura 2b con posiciones de irradiación A₁ - A₄ de diferente altura, con

$$h_s = F \cdot h_r + c \cdot \tan \beta \quad (6)$$

5 El sentido de irradiación - representado de manera simplificada en el ejemplo mostrado mediante el ángulo β , pero en general pueden entenderse por esto uno o varios de los ángulos α , β , γ - y la posición de irradiación A - representada de manera simplificada en el ejemplo mostrado mediante la altura h_s , en general, la posición de irradiación A también puede establecerse en los dos sentidos espaciales restantes - puede calcularse con esto midiendo el sentido γ y la distancia z entre unidad de a bordo 15 y transceptor 24.

10 Se entiende que la unidad de detector 5 puede realizarse tanto en la forma móvil mostrada como vehículo de control como en forma estacionaria, por ejemplo usando una infraestructura de radio existente como radiobalizas WAVE o DSRC de un sistema de peaje o radiobalizas WLAN de una infraestructura de Internet de carretera. Con esto pueden usarse por ejemplo piezas de transceptor ya existentes de radiobalizas WLAN, WAVE o DSRC como pieza de transceptor de una unidad de detector Doppler 5. De esta manera, el procedimiento de la invención puede implementarse como una aplicación de software que funciona en un equipo de control o radiobaliza WLAN, WAVE o DSRC móvil o estacionario convencional.

15 Hasta ahora se ha partido de que la frecuencia de envío del rayo de medición 6 es constante, es decir, su transcurso temporal es un transcurso constante. Sin embargo, también es posible que la unidad de detector 5 envíe un rayo de medición 6 con un desarrollo de frecuencia de medición no constante en el tiempo, por ejemplo en el caso de procedimientos de transmisión por salto de frecuencia, en los que la frecuencia cambia constantemente de acuerdo con un patrón predefinido o conocido. Los desarrollos (de mezcla) de la frecuencia de recepción registrados de las Figuras 1a - 1d se registran en relación con el transcurso temporal previamente conocido de la frecuencia de envío del rayo de medición 6, ya sea de manera constante o cambiante, es decir, se hace referencia a los mismos o se normalizan sobre los mismos, de modo que se puede compensar el efecto de desarrollos de frecuencia de envío conocidos.

25

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la detección de una rueda que gira (1) de un vehículo (2) mediante evaluación del desplazamiento de Doppler de un rayo de medición (6), que es irradiado por una unidad de detector (5) por la que ha pasado el vehículo (2), reflejado por la rueda (1) y recuperado por desplazamiento de Doppler, presentando el vehículo (2) en una posición relativa (R) a la rueda (1) una unidad de a bordo (15) que puede establecer una comunicación por radio (23) con un transceptor (24) de ubicación (L) conocida en la unidad de detector (5), que comprende:
- medición de sentido (δ) y distancia (z) de la unidad de a bordo (15) al transceptor (24) a partir de al menos una comunicación por radio (23) entre los mismos; y control del sentido de irradiación (α , β , γ) o de la posición de irradiación (A) del rayo de medición (6) en función del sentido (δ) y de la distancia (z) medidos y considerando la posición relativa (R) y la ubicación (L) mencionadas, midiéndose la mencionada posición relativa (R) por parte de un equipo de control (17) estacionario o móvil y guardándose mediante una comunicación por radio (23') en la unidad de a bordo (15), y leyéndose para la mencionada consideración la posición relativa (R) guardada en la unidad de a bordo (15) mediante una comunicación por radio (23).
2. Procedimiento para la detección de una rueda que gira (1) de un vehículo (2) mediante evaluación del desplazamiento de Doppler de un rayo de medición (6), que es irradiado por una unidad de detector (5) por la que ha pasado un vehículo (2), reflejado por la rueda (1) y recuperado por desplazamiento de Doppler, presentando el vehículo (2) en una posición relativa (R) a la rueda (1) una unidad de a bordo (15) que puede establecer una comunicación por radio (23) con un transceptor (24) de ubicación (L) conocida en la unidad de detector (5), que comprende:
- medición de sentido (δ) y distancia (z) de la unidad de a bordo (15) al transceptor (24) a partir de al menos una comunicación por radio (23) entre los mismos; y control del sentido de irradiación (α , β , γ) o de la posición de irradiación (A) del rayo de medición (6) en función del sentido (δ) y de la distancia (z) medidos y considerando la posición relativa (R) y la ubicación (L) mencionadas, midiéndose la mencionada posición relativa (R) por parte de un equipo de control (17) estacionario o móvil y guardándose en un banco de datos (17, 19), y seleccionándose para la mencionada consideración la posición relativa (R) guardada en el banco de datos (17, 19).
3. Procedimiento de acuerdo con las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizado por que** la medición de la posición relativa (R) se realiza mediante elaboración de una imagen de exploración del vehículo (2) con un escáner (26) del equipo de control (17), mediante triangulación por radio de la unidad de a bordo (15) con un transceptor (21) del equipo de control (17) y mediante referenciado de la triangulación por radio a la imagen de exploración.
4. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 3, **caracterizado por que** la triangulación por radio se realiza mediante mediciones de fase en un conjunto de antenas del transceptor (21) del equipo de control (17).
5. Procedimiento de acuerdo con las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizado por que** la medición se realiza mediante elaboración de una imagen frontal del vehículo (2) con una cámara y reconocimiento óptico de la posición (R) de la unidad de a bordo (15) en la imagen frontal.
6. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado por que** la medición del sentido (δ) y de la distancia (z) de la unidad de a bordo (15) con respecto al transceptor (24) se realiza mediante triangulación por radio durante la comunicación por radio (23) entre los mismos.
7. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 6, **caracterizado por que** la triangulación por radio se realiza mediante mediciones de fase en un conjunto de antenas del transceptor (24) de la unidad de detector (5).
8. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado por que** el rayo de medición (6) es un rayo de radar y el control de su sentido de irradiación (α , β , γ) se realiza mediante control de fases de un conjunto de antenas (25) de la unidad de detector (5).
9. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizado por que** el rayo de medición (6) es un rayo de radar y el control de su posición de irradiación (A) se realiza mediante conmutación entre varias antenas (25') de la unidad de detector (5).
10. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 9, **caracterizado por que** se detecta una rueda (1) cuando el transcurso temporal del desplazamiento de Doppler (Δf) muestra un salto (10), una subida (11), una caída (11) o una frecuencia de dispersión (F) respectivamente por encima de un valor umbral.

11. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 10, **caracterizado por que** la unidad de detector (5) está configurada en forma de un vehículo de control.
- 5 12. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 11, **caracterizado por que** la comunicación por radio (23, 23') se realiza de acuerdo con los estándares CEN-DSRC o ITS-WAVE.

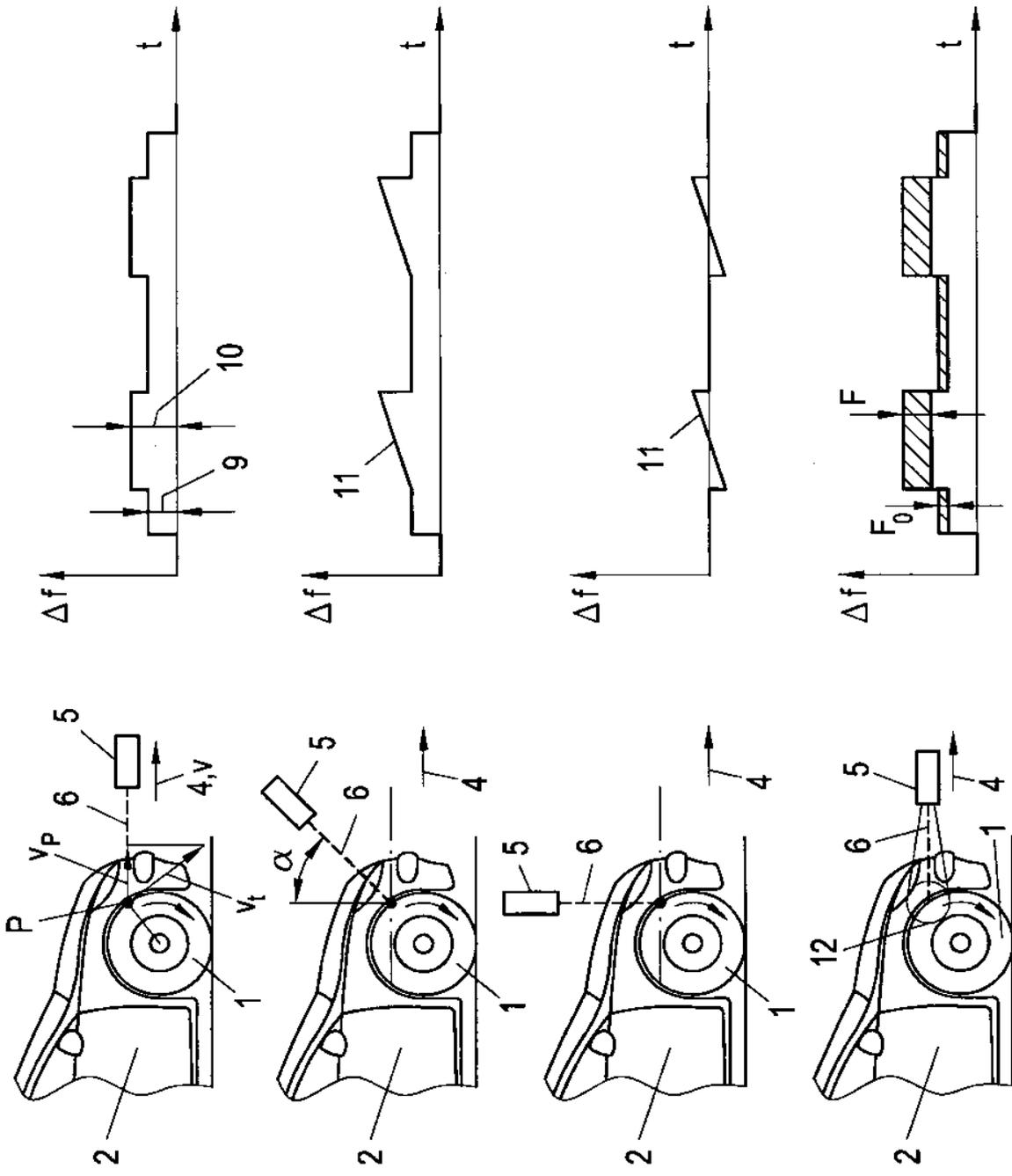


Fig. 1a

Fig. 1b

Fig. 1c

Fig. 1d

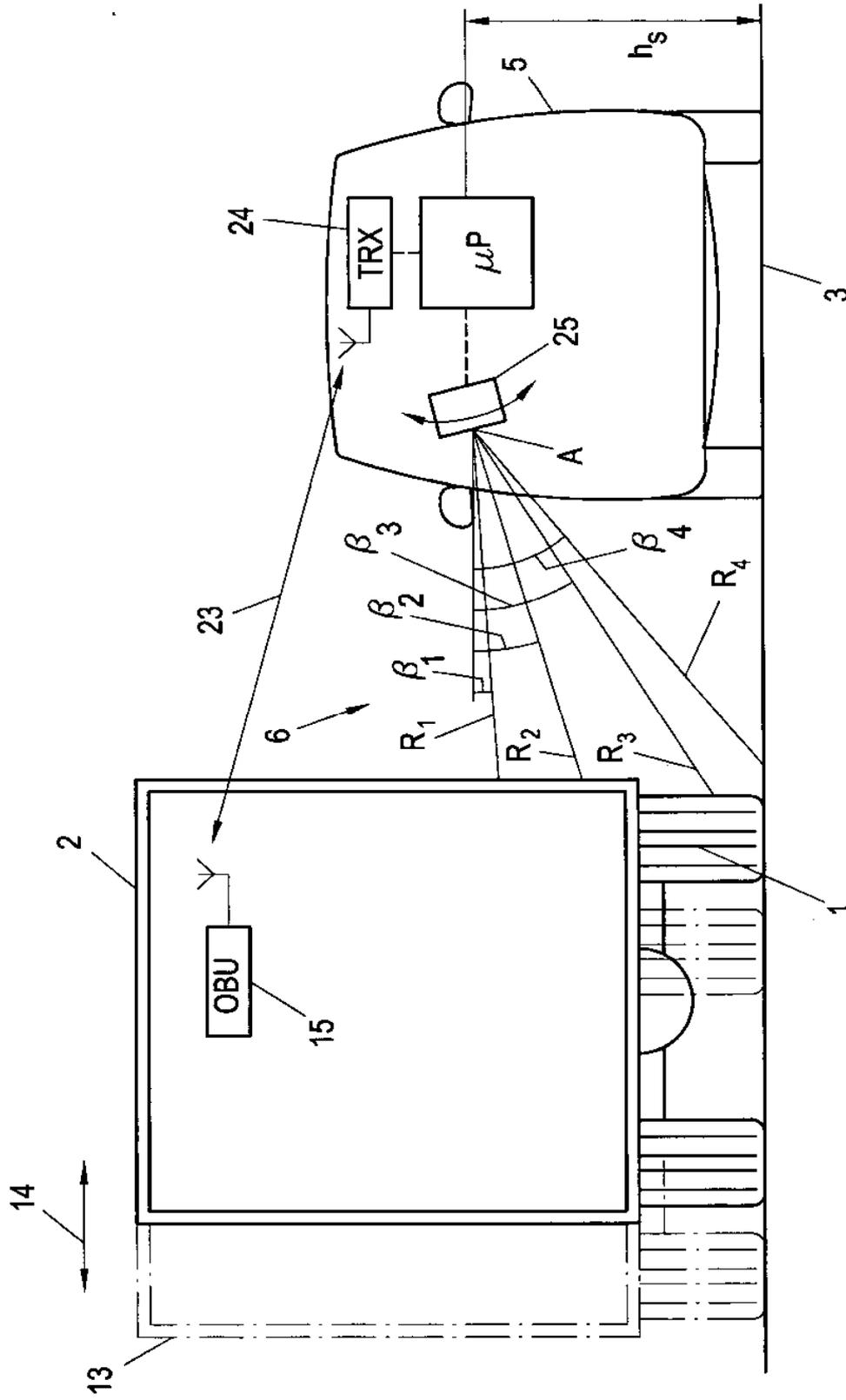


Fig. 2a

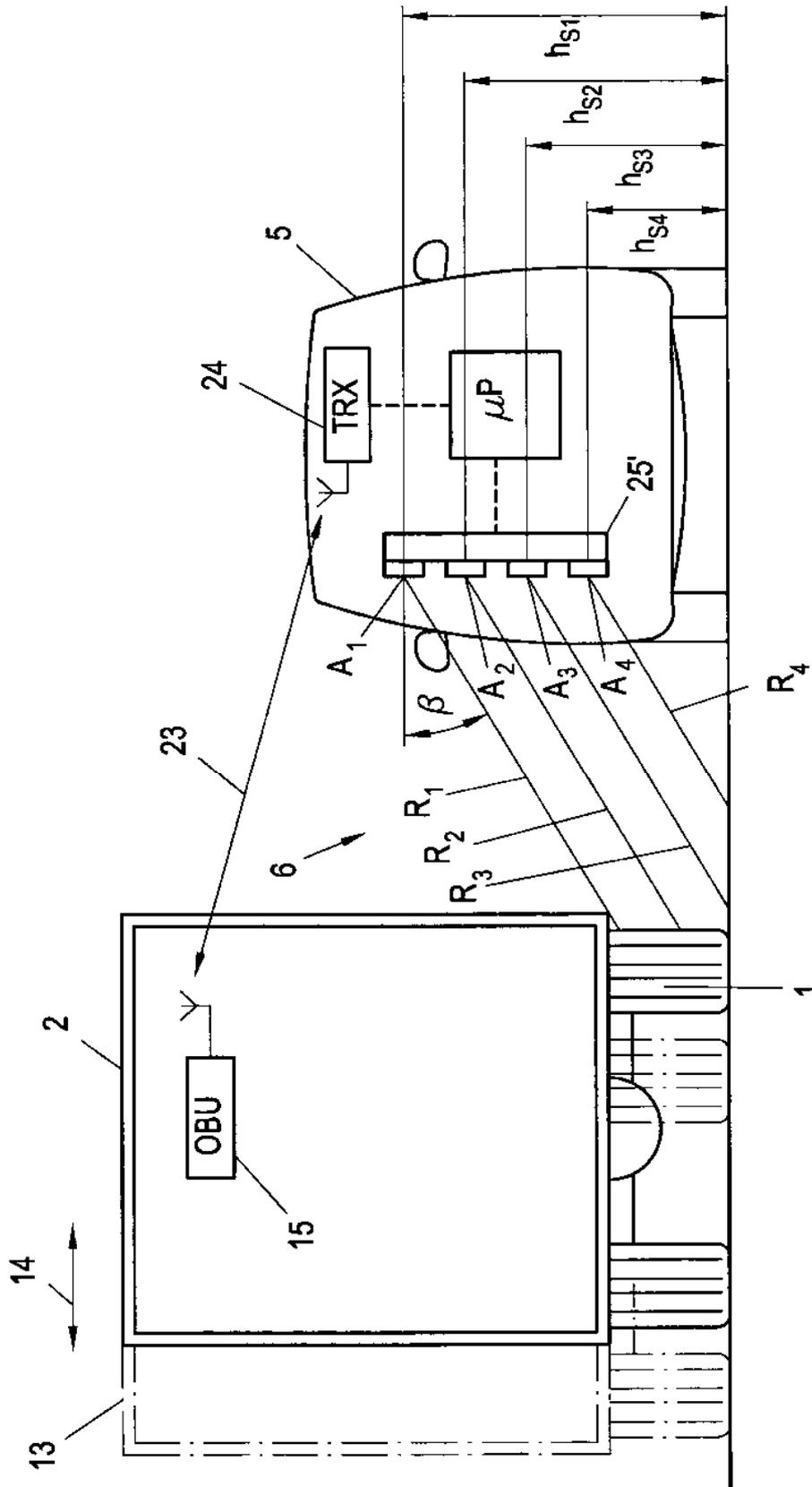


Fig. 2b

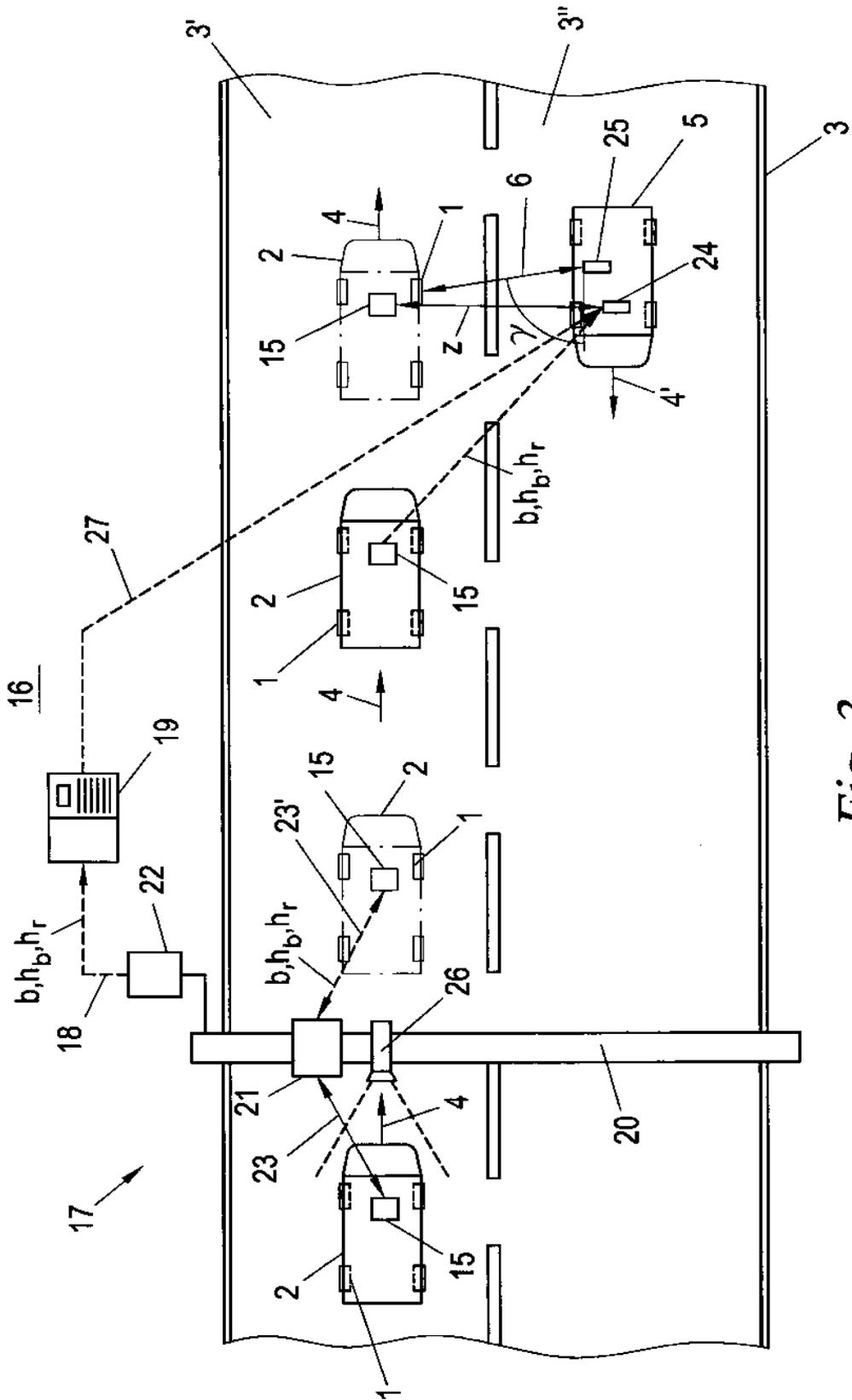


Fig. 3

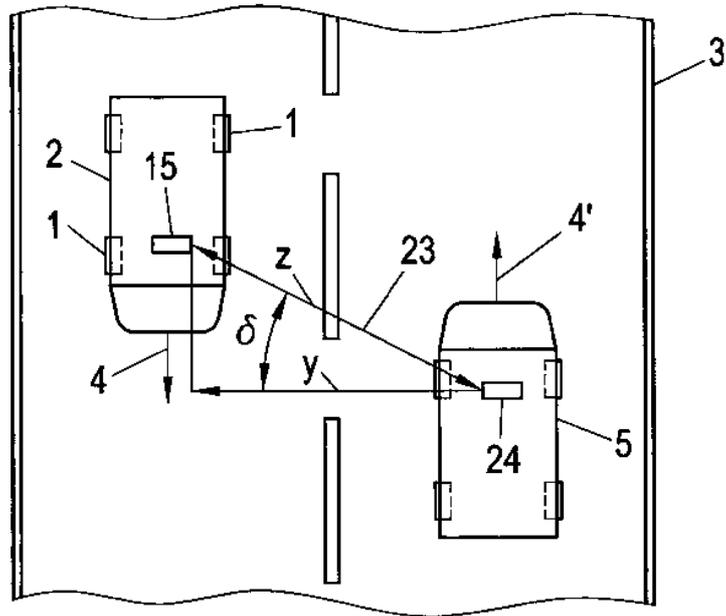


Fig. 4a

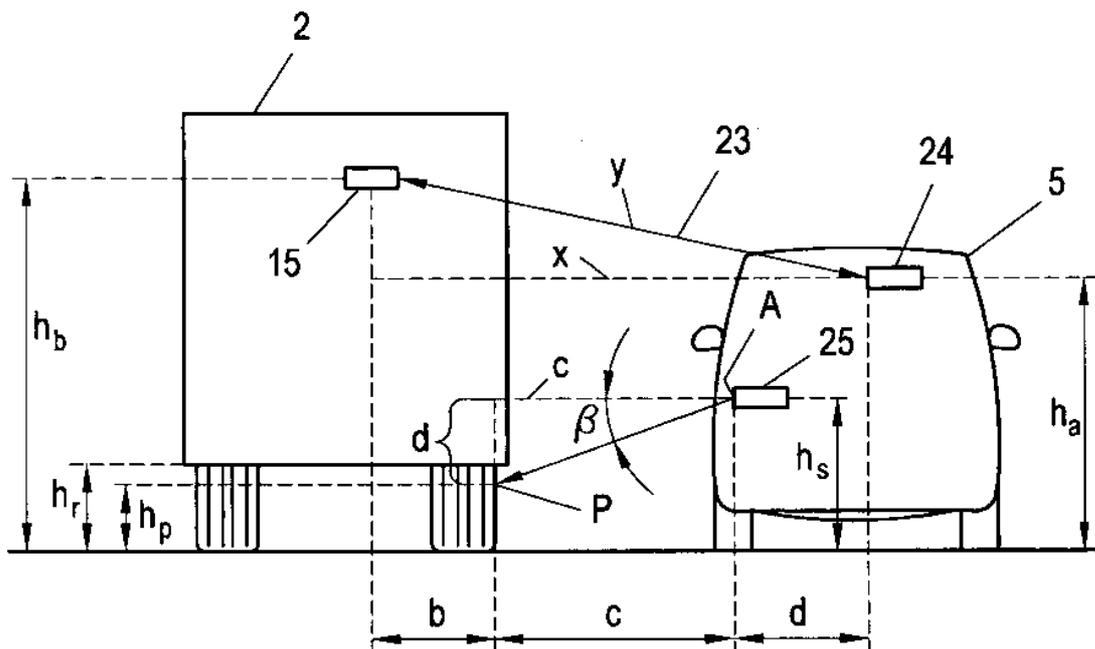


Fig. 4b