

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 668 982**

51 Int. Cl.:

**G08G 5/00** (2006.01)

**G08G 5/04** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.10.2016** **E 16002194 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.03.2018** **EP 3159868**

54 Título: **Procedimiento para determinar una recomendación de maniobra de desviación para un vehículo**

30 Prioridad:

**14.10.2015 DE 102015013324**

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

**23.05.2018**

73 Titular/es:

**HENSOLDT SENSORS GMBH (100.0%)  
Willy-Messerschmitt-Straße 1  
82024 Taufkirchen , DE**

72 Inventor/es:

**MAYER, HORST**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

**ES 2 668 982 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).

## DESCRIPCION

Procedimiento para determinar una recomendación de maniobra de desviación para un vehículo

- 5 La invención se refiere a un procedimiento para determinar una recomendación de maniobra de desviación para un primer vehículo cuando se encuentra con un segundo vehículo no-cooperativo, de manera que el segundo vehículo se mueve con una velocidad constante.
- 10 A medida que aumenta el tráfico de vehículos sobre las diferentes vías de tráfico por tierra, mar y aire, se incrementa también cada vez más el peligro de una colisión entre dos vehículos. Para evitar colisiones y situaciones peligrosas es importante tener conocimiento de si existe un cruce de las vías de circulación o una distancia de paso demasiado reducida. En ambos casos es necesaria una maniobra de desviación con una modificación correspondiente de la dirección.
- 15 Los sistemas actuales emplean diferentes procedimientos para evitar colisiones. En la aviación civil, se emplea actualmente a bordo de un avión con preferencia el Traffic Alert and Collision Avoidance System (TCAS). Esto representa una implementación del sistema de aviso de colisión Airborne Collision Avoidance System (ACAS), que ha sido definido por la Organización Internacional de Aviación Civil (ICAO). En este sistema se utilizan transpondedores aptos para Modo S como también para Modo A/C, para crear una imagen de la posición del entorno. El sistema calcula a partir de los datos recibidos (dirección, distancia, velocidad de aproximación, altura y velocidad de subida/bajada) si, y en caso afirmativo, cuándo hay que contar con una colisión con un avión. El sistema emite, en función de los datos recibidos de la otra parte posible de la colisión, una TA (Traffic Advisory = Instrucción de Tráfico) o una RA (Resolution Advisory = Recomendación de Desviación). Esta recomendación se basa en el cálculo del punto de la aproximación más estrecha (CPA = Closest Point of Approach), de la duración TTG (Time To Go), hasta que se alcanza este punto y si ha existido, en general, una infracción de la distancia.
- 20 El TCAS genera una recomendación de desviación, pero puramente vertical, basada en datos conocidos de aviones con transpondedores correspondientes.
- 30 El documento US 8831906 B1 describe un procedimiento para determinar el CPA, utilizando una fusión de dos métodos de cálculo-CPA diferentes para mejorar la exactitud-CPA.
- En la aviación militar, especialmente en drones se emplean sistemas parcialmente diferentes.
- 35 El documento EP 2674723 A2 describe, por ejemplo, un sistema para impedir colisiones de UAVs con otros aviones que, sobre la base de la posición CPA teniendo en cuenta eventuales distancias mínimas, emite una posible recomendación de desviación.
- 40 El documento US 20120209457 publica un procedimiento para determinar una recomendación de desviación para un primer avión en el caso de encuentro con un segundo avión no-cooperativo, con las características del preámbulo de la reivindicación 1.
- 45 Es problemático que especialmente en el campo militar no existe ninguna obligación de equipamiento-TCAS: Los drones ligeros, los aviones de combate o de transporte, pero también los aviones civiles pequeños o ligeros, por ejemplo en Alemania inferiores a 5700 kg de peso de despegue pueden ser accionados sin tal sistema. De esta manera, para una maniobra de desviación no se puede recurrir se datos de transpondedor de sistemas establecidos.
- 50 Los cálculos de maniobras, que evitan una colisión de vehículos, necesitan a menudo una actuación/resolución de sensor muy alta así como una velocidad de procesamiento alta, puesto que se necesitan una pluralidad de parámetros de entrada. Esto hace que los procedimientos hasta ahora sean costosos y caros.
- El cometido de la invención es simplificar un procedimiento y determinar económicamente una recomendación de desviación para el encuentro de dos aviones, que se puede utilizar también sin datos de transpondedor.
- 55 Este cometido se soluciona con el procedimiento según la reivindicación 1 de la patente, Una instalación de control para la implementación del procedimiento así como realizaciones ventajosas de la invención son objeto de reivindicaciones dependientes.
- 60 El procedimiento para determinar una recomendación de desviación para un primer vehículo durante el encuentro con un segundo vehículo no-cooperativo, de manera que el segundo vehículo se mueve con una velocidad constante, presenta las siguientes etapas:
1. Medición de la velocidad de aproximación  $\dot{r}_0$  entre los dos vehículos por medio de un sensor de a bordo del primer vehículo.
  2. Realización de una maniobra de medición del primer vehículo, en la que se realiza una modificación de la

dirección del primer vehículo.

3. Medición de la velocidad de aproximación  $\dot{r}_1$  después de realizar la modificación de la dirección entre ambos vehículos por medio de un sensor de a bordo del primer vehículo.

4. Comparación de las velocidades de aproximación  $\dot{r}_0$  y  $\dot{r}_1$  por medio de una unidad de procesamiento electrónico de a bordo del primer vehículo así como

5. Emisión de una recomendación para realizar una maniobra de desviación para el primer vehículo.

A este respecto se distinguen los siguientes casos:

En el caso  $\dot{r}_1 > \dot{r}_0$ , la maniobra de desviación debe realizarse en mismo sentido de giro que en la maniobra de medición. Cuando, por ejemplo, durante la maniobra de medición se ha realizado una desviación lateral hacia la izquierda, la maniobra de desviación debe realizarse igualmente hacia la izquierda.

En el caso  $\dot{r}_1 < \dot{r}_0$ , la maniobra de desviación debe realizarse en contra del sentido de giro ala maniobra de medición. Cuando, por ejemplo, durante la maniobra de medición se ha realizado una desviación lateral hacia la izquierda, la maniobra de desviación debe realizarse ahora hacia la derecha.

Si  $\dot{r}_1$ ,  $\dot{r}_0$  son esencialmente idénticas (en el marco de la exactitud de medición y de procesamiento de los sensores y de los componentes electrónicos implicados). No se emite en primer lugar ninguna maniobra de desviación, sino que se emite una instrucción para la realización de otra maniobra de medición y, en concreto, en el sentido de giro opuesto y con un importe mayor de la modificación de la dirección que en la maniobra de medición precedente. A continuación se repiten varias veces, dado el caso, las etapas 3 – 5, hasta que resulta una recomendación de desviación.

En este caso, la velocidad de aproximación  $\dot{r}(t)$  es negativa cuando los dos vehículos se aproximan, siendo cero en el lugar de la aproximación más estrecha, y es positiva cuando los dos vehículos se alejan uno del otro. Considerada matemáticamente, la velocidad de aproximación representa la velocidad radial entre los dos vehículos.

Cuando en el texto se habla de la velocidad, ésta debe entenderse como variable vectorial, es decir, caracterizada por su dirección del movimiento y su importe (recorrido/tiempo).

Para la determinación de las velocidades de aproximación  $\dot{r}$  se utiliza ventajosamente un sensor de radar, de sonar o láser, pudren o utilizarse también varios sensores del mismo tipo o una combinación de los sensores para elevar la exactitud.

La determinación y procesamiento del procedimiento se realizan con preferencia en tiempo real, de manera que una recomendación de desviación está disponible inmediatamente después de realizar la maniobra de medición y la nueva medición de las velocidades de aproximación y, por lo tanto, se puede emitir al piloto sin demora, es decir, en tiempo real.

La realización y la modificación de la dirección de la maniobra de medición se pueden realizar en este caso en una dirección de marcha discrecional, manteniendo con preferencia el importe de la velocidad. En función del objeto de aplicación y del tipo de vehículo se realizan con preferencia modificaciones laterales de la dirección del vehículo, por ejemplo pequeñas desviaciones del rumbo hacia la izquierda o hacia la derecha para embarcaciones o desviaciones/modificaciones opcionales del rumbo para aviones o submarinos. Si se coloca el avión o submarino en el centro de una esfera, cada punto sobre el hemisferio de la esfera, que se encuentra en la dirección de la marcha delante del vehículo, define una dirección posible para la maniobra de medición. Especialmente ventajosas para aviones o submarinos son modificaciones laterales de la dirección, puesto que sólo se realiza una desviación muy pequeña y precisa del rumbo en comparación con el espacio aéreo libre / rumbo original.

Para limitar el número y la necesidad de maniobras de desviación, es posible correlacionar el inicio del procedimiento con valores umbrales predefinidos. En este caso, se inicia el procedimiento ya cuando no se alcanza un valor umbral definido para evitar modificaciones innecesarias del rumbo. Los valores umbrales puede derivarse de las siguientes variables, empleando al menos una de éstas o de las siguientes variables:

- distancia de paso, la llamada Closest Approach (CA) que corresponde a la distancia en el lugar previsible de la aproximación más estrecha a la llamada CPA de los dos vehículos, siendo definida la CPA a partir de la CA y la marcación correspondiente (por ejemplo, ya cuando la distancia de paso de aeronaves es inferior a 3 km, se inicia un realización),
- duración de tiempo hasta la aproximación más estrecha, el llamado Time to Closest-Point of Approach (TCPA), por ejemplo se establece un valor umbral de 60 segundos, ya cuando éste no se alcanza, se inicia el procedimiento,

- riesgo de colisión (es decir, la probabilidad de que pudiera producirse una colisión con otro vehículo).

El riesgo de colisión se puede determinar de diferentes maneras conocidas en sí utilizando parámetros definidos, siendo determinado en una variante preferida el riesgo de colisión a partir de la combinación de TCPA y CPA. Además, se puede utilizar la distancia absoluta para determinar el riesgo de colisión, utilizando ésta sola o en combinación con TCPA, CPA.

Además, la decisión de si se inicia el procedimiento según la invención puede contener también una consideración del tipo del segundo vehículo, por ejemplo se tienen en cuenta sólo vehículos del mismo tipo, que utilizan el mismo espacio, por ejemplo barcos o aviones.

Para obtener informaciones adicionales para una decisión sobre el inicio del procedimiento, se pueden utilizar también sistemas como ADS-B, AIS, TCAS o también otras formas de transpondedor o sistemas de recepción, pudiendo aplicarse uno o varios de los sistemas mencionados.

Con estas señales de transpondedor se puede crear una imagen del entorno, es decir, identificación de los vehículos en el entorno así como determinación de los vehículos, que representan un riesgo. De esta manera se puede limitar aquí la realización del procedimiento a vehículos con una clasificación de riesgo.

Las distancias de medición pequeñas con respecto a otro vehículo pueden reducir la fiabilidad de la recomendación de desviación en comparación con las velocidades de aproximación  $\dot{r}_0$  y  $\dot{r}_1$ , por lo que se puede introducir para elevar la fiabilidad un valor de corrección, que tiene en cuenta la geometría especial de la maniobra de medición.

La emisión de la recomendación de desviación se puede realizar en diferentes variantes, distinguiéndose aquí entre la posibilidad de la emisión visual y acústica, siendo implementada en una característica especialmente ventajosa del procedimiento una combinación de emisión visual y acústica.

La implementación del procedimiento según la invención a bordo de un vehículo se puede realizar por medio de una instalación de control electrónico. La instalación de control está instalada de tal forma que ésta puede

- consultar, recibir y registrar señales de entrada desde uno o varios sensores de a bordo del primer avión equipado con la unidad de control, por ejemplo un avión para determinar la velocidad de aproximación  $\dot{r}_0$  actual entre los dos vehículos,
- emitir una instrucción a los pilotos y/o al conductor del primer vehículo para realizar una maniobra de medición del primer vehículo,
- generar una fijación de la realización completa de la maniobra de medición con la ayuda de las informaciones de movimiento / datos de posición del primer vehículo y a continuación puede realizar una nueva consulta de la velocidad de aproximación  $\dot{r}_1$  entre los dos vehículos y la recepción de los datos de los sensores,
- realizar una comparación de las velocidades de aproximación  $\dot{r}_0$ ,  $\dot{r}_1$ ,
- emitir una recomendación a un piloto automático y/o a un conductor del primer vehículo para realizar una maniobra de desviación, de manera que con  $\dot{r}_1 > \dot{r}_0$  debe realizarse la maniobra de desviación en el mismo sentido de giro que durante la maniobra de medición, con  $\dot{r}_1 < \dot{r}_0$  debe realizarse la maniobra de desviación en contra del sentido de giro de la maniobra de medición, y
- cuando las dos variables  $\dot{r}_1$ ,  $\dot{r}_0$  son esencialmente iguales (es decir, en el marco de la exactitud básica de medición y de procesamiento), debe generarse una instrucción para la realización de otra maniobra de medición en sentido de giro opuesto con un importe mayor de la modificación de la dirección que en la maniobra de medición anterior.

En este caso, la unidad de control contiene componentes electrónicos como por ejemplo una CPU, una memoria, software, unidades de entrada/salida para la recepción y transmisión de señales / informaciones y, dado el caso, otros medios conocidos por el técnico, para la implementación del procedimiento de acuerdo con la invención. La unidad de control puede estar instalada de tal forma que debe realizarse un procesamiento de las señales de entrada de los sensores y, por lo tanto, la realización del procedimiento ya después de que no se ha alcanzado un valor umbral o sobre la base de la existencia de un riesgo de colisión. Esto representa una realización ventajosa para evitar maniobras de medición y modificaciones del rumbo innecesarias.

Se pueden obtener informaciones adicionales para una decisión sobre el inicio del procedimiento, en otra forma de realización especialmente ventajosa, a través de una interfaz con un ADS-B, AIS, TCAS o con otras formas de sistemas transpondedores o receptores. Por ejemplo, a partir de las informaciones de vuelo del transpondedor ADS-B de otro avión, se puede determinar su ruta y, por lo tanto, el peligro de colisión.

Además, es especialmente ventajoso que la instalación de control presente una funcionalidad en tiempo real.

En otra forma de realización, la transmisión de la recomendación de desviación a un piloto se realiza a través de una

instalación de salida, presentando la unidad de control en esta variante una interfaz/co0nexión con esta instalación de salida. En este caso, la recomendación de desviación se puede realizarse en la instalación de salida visual y/o acústicamente el piloto.

5 La invención se explica en detalle con la ayuda de ejemplos de realización concretos con referencia a las figuras 1 a 4.

La figura 1 muestra una constelación de dos vehículos en el espacio-3D en representación de vector.

10 La figura 2 muestra una modificación de la situación de partida para la realización de la maniobra de medición según la invención en representación-2D.

La figura 3 muestra las modificaciones de la posición de los vehículos durante la repetición de la maniobra de medición según la invención.

15 La figura 4 muestra la representación de la colaboración de la unidad de control con componentes del vehículo cuando se aplica el procedimiento según la invención.

20 El procedimiento según la invención utiliza para determinar la recomendación de desviación solamente los valores de medición de la velocidad de aproximación  $\dot{r}$ . Ésta es la modificación temporal de la distancia  $r$  entre el primero y el segundo vehículo. La figura 1 muestra una constelación de los dos vehículos considerada en el sistema de coordenadas fijo en el vehículo del primer vehículo A. Los vehículos (aquí, por ejemplo, aviones) A y B se mueven con una velocidad lineal constante.

25 El vehículo A está emplazado en el origen de las coordenadas. El movimiento del vehículo B se realiza con la velocidad relativa  $\vec{v}_{rel}$ . La velocidad  $\vec{v}_{rel}$  corresponde a la velocidad diferencial de  $\vec{v}_B$  (vehículo B) y  $\vec{v}_A$  (vehículo A).

30 La modificación temporal de la distancia  $r(t)$  entre el primero y el segundo vehículo da como resultado la velocidad de aproximación  $\dot{r}(t)$ . La velocidad de aproximación  $\dot{r}(t)$  es negativa, cuando los dos vehículos se aproximan, siendo cero en el lugar de la aproximación más estrecha, y es positiva cuando los dos vehículos se alejan uno del otro.

35 A continuación se explica la realización del procedimiento en un ejemplo en el espacio-3D con dos aviones en movimiento. Se ve el primer avión A, designado a continuación con embarcación propia A, y el segundo avión B, designado a continuación con intruso B. Otras aplicaciones en el espacio-3D son el empleo en vehículos acuáticos, por ejemplo submarinos, así como en el espacio. No obstante, también se puede aplicar en el espacio-2D, como por ejemplo en vías marítimas.

40 En la figura 2 se representan las posiciones de la embarcación propia A y del intruso B con respecto a los instantes  $t_0$  en la posición de partida y  $t_1$  después de la realización de la maniobra de medición así como las trayectorias de vuelo F\_A, F\_B, F\_A1 respectivas y las distancias de los vehículos  $r_0, r_1$  con respecto a los instantes  $t_0$  y  $t_1$ . Para la mejor comprensión se selecciona una representación 2-dimensional, esto se aplica de manera similar en el espacio-3D.

45 Antes de la realización de la maniobra de medición se mide la velocidad de aproximación  $\dot{r}_0$  en el instante  $t_0$ , esto se realiza con ventaja a través de un sensor que se encuentra a bordo de la embarcación propia A, éste puede ser, por ejemplo, un sensor láser, radar o sonar. A continuación, la embarcación propia A realiza una maniobra de medición, esto corresponde a la modificación de la trayectoria de vuelo F\_A a la nueva trayectoria de vuelo F\_A1, la trayectoria de vuelo F\_B del intruso permanece en este caso inalterada. En este caso, la modificación de la trayectoria de vuelo corresponde a un ángulo  $\alpha$  como se representa en la figura 2 en el instante  $t_1$ .

50 Al término de la maniobra de medición, en el instante  $t_1$ , ahora en la nueva trayectoria de vuelo F\_A1 se mide de nuevo la velocidad de aproximación  $\dot{r}_1$ . A continuación se comparan las velocidades de aproximación  $\dot{r}_1, \dot{r}_0$  con ventaja por medio de una unidad de procesamiento electrónico, que se encuentra a bordo de la embarcación propia A, en una realización especialmente ventajosa en tiempo real. Sobre la base de esta comparación de  $\dot{r}_0, \dot{r}_1$  se emite a la embarcación propia A sin demora una recomendación para la realización de una maniobra de desviación.

55 En el caso de que  $\dot{r}_1 > \dot{r}_0$  debe realizarse la maniobra de desviación en el mismo sentido de giro que en la maniobra de medición. En el caso de  $\dot{r}_1 < \dot{r}_0$  debe realizarse la maniobra de desviación en contra del sentido de giro de la maniobra de medición. Si ambas variables son esencialmente iguales, es decir,  $\dot{r}_1 \cong \dot{r}_0$ , se realiza otra maniobra de medición, pero ahora en el sentido de giro opuesto con un importe mayor de la modificación de la dirección que en la maniobra de medición anterior. Por ejemplo, la modificación de la dirección en la nueva maniobra de medición podría ser el doble que en la anterior. Con ventaja, se mantiene inalterado el importe de la velocidad del vehículo A antes, durante y después de la maniobra de medición. No obstante, también son posibles realizaciones, en las que

se modifica el importe de la velocidad, por ejemplo durante la maniobra de medición, sin que se reduzca esencialmente la exactitud del procedimiento. Más adelante se explica una variante ventajosa de la invención, con la que se puede compensar el error implicado a través de la modificación de la velocidad.

5 La figura 3 representa una situación, en la que es  $\dot{r}_1 \cong \dot{r}_0$  en representación simplificada. En este caso, se representan las posiciones de la embarcación propia A y del intruso B en los instantes  $t_0$ ,  $t_1$  y  $t_2$ , donde el intruso B se ha movido en este caso inalterado sobre su trayectoria de vuelo F\_B anterior. En cambio, se ven las modificaciones de la trayectoria de vuelo F\_A, F\_A1 y F\_A2 de la embarcación propia A, realizándose en primer lugar una modificación bajo un ángulo de giro  $\alpha_2$  y a continuación se realiza sobre la base de la comparación de las velocidades de aproximación  $\dot{r}_1$ ,  $\dot{r}_0$  una segunda maniobra de medición para determinar  $\dot{r}_2$  en el sentido de giro opuesto con el ángulo  $\alpha_2$ . El ángulo de giro  $\alpha_2$  debe ser en este caso con ventaja al menos dos veces  $\alpha_1$ . Cuando la primera maniobra de medición ha revelado, por ejemplo, una modificación de la dirección con un ángulo de giro de  $4^\circ$ , se selecciona con ventaja un ángulo de al menos  $-8^\circ$ . De esta manera, habría que realizar una segunda maniobra de medición, por ejemplo con un ángulo de  $\alpha_2$  de  $-10^\circ$  con respecto a la trayectoria de vuelo actual F\_A1, con lo que se adopta la nueva trayectoria de vuelo F\_A2. Si tampoco después de esta maniobra de medición se obtiene ningún resultado (es decir, una diferencia inequívoca de las variables  $\dot{r}_1$ ,  $\dot{r}_2$ ), es necesaria una nueva repetición con un ángulo todavía mayor.

20 Solamente en casos individuales puede ser posible que la aplicación del procedimiento deba terminarse también con varias iteraciones sin un resultado. Entre ellas están las siguientes circunstancias o bien infracciones de las condiciones de entrada:

- el intruso B ha realizado una maniobra, ésta podría ser una modificación de la dirección o una modificación de la velocidad;
- 25 • en virtud de la exactitud del sensor no se puede establecer ninguna modificación significativa de las velocidades de aproximación (por ejemplo, por que la distancia entre los vehículos es demasiado grande o la resolución del sensor es demasiado pequeña);
- el sensor presenta un error sistemático (por ejemplo, sensor defectuoso).

30 Estos son casos individuales, que no limitan la aplicabilidad práctica del procedimiento según la invención.

Para conseguir una mejora adicional del procedimiento, es posible utilizar un término de corrección para la comparación de las velocidades de aproximación  $\dot{r}_1$ ,  $\dot{r}_0$ , que eleva la fiabilidad de la recomendación de desviación. De esta manera, se puede tener en cuenta la influencia de la geometría especial del encuentro de los dos vehículos sobre la modificación de la velocidad de aproximación. Por ejemplo, las distancias de medición con un segundo vehículo pueden reducir la fiabilidad de la recomendación de desviación en la comparación de las velocidades de aproximación  $\dot{r}_0$  y  $\dot{r}_1$ , por lo que para elevar la fiabilidad se puede introducir un valor de corrección, que tiene en cuenta la geometría especial de la maniobra de medición.

40 La influencia de la geometría de la coincidencia sobre las velocidades de aproximación se determina esencialmente por la distancia  $r(t)$  de los vehículos A, B, que influye sobre la determinación de la modificación temporal  $\ddot{r}_0 = \ddot{r}(t_0)$  de la velocidad de aproximación.

Un valor útil para el término de corrección se puede determinar, por ejemplo, con la siguiente fórmula (1)

$$C_{\text{Geometrie}} \approx \ddot{r}_0 \times (t_1 - t_0) \tag{1}$$

En este caso,  $\ddot{r}_0$  es la modificación temporal de la velocidad de aproximación en el instante  $t_0$ , es decir, en un instante antes de la maniobra, en el que se mide también  $\dot{r}_0$ . En este caso,  $\ddot{r}_0$  se puede determinar directamente por un sistema de sensor adecuado. Pero de manera alternativa,  $\ddot{r}_0$  también se puede determinar a través de repetición en tiempo real de la medición de la velocidad de aproximación según la fórmula (2).

$$\ddot{r}_0 = \frac{\dot{r}_0 - \dot{r}_w}{t_0 - t_w} \tag{2}$$

En este caso,  $t_w$  es un instante poco antes del instante  $t_0$  y  $\dot{r}_w$  es el valor medido en el instante  $t_w$  de la velocidad de aproximación. Con este valor de corrección, como otro sumando, resultan entonces los siguientes criterios para las maniobras de desviación:

- $\dot{r}_1 > \dot{r}_0 + C_{Geometria}$ : maniobra de desviación en el mismo sentido de giro que en la maniobra de medición
- $\dot{r}_1 < \dot{r}_0 + C_{Geometria}$ : maniobra de desviación en contra del sentido de giro que en la maniobra de medición
- $|\dot{r}_1 - \dot{r}_0| < C_{Geometria}$ : realizar otras maniobras.

5 Si se modifica el importe de la velocidad del vehículo A durante la maniobra de medición, se puede tener en cuenta esta modificación para mejorar el resultado de la maniobra de medición. La modificación de la velocidad del primer vehículo se define con la fórmula 3 siguiente:

$$\Delta v_A = |\vec{v}_A(t_1)| - |\vec{v}_A(t_0)|$$

10

En forma abreviada

$$\Delta v_A = |\vec{v}_{A,1}| - |\vec{v}_{A,0}| \tag{3}$$

15 En este caso  $|\vec{v}_A(t_1)|$  (abreviado  $|\vec{v}_{A,1}|$ ) es el importe de la velocidad en el instante  $t_1$  (es decir, después de la realización de la maniobra de medición en el instante de la medición  $\dot{r}_1$ ) y  $|\vec{v}_A(t_0)|$  (abreviado:  $|\vec{v}_{A,0}|$ ) es el importe de la velocidad en el instante  $t_0$  (es decir, en la posición de partida antes de la maniobra en el instante de la medición de  $\dot{r}_0$ ).

20 Partiendo de la modificación de la velocidad, ésta se utiliza en forma de un valor de corrección. A este respecto se distinguen dos casos. En el primer caso, se reduce la velocidad del primer vehículo A, es decir,  $\Delta v_A < 0$ .

Para el caso 1 se pueden dar las siguientes recomendaciones.

25 Cuando  $\dot{r}_1 > \dot{r}_0 - \Delta v_0$ , debe realizarse la maniobra en el mismo sentido de giro que en la maniobra de medición. Cuando, por ejemplo, en la maniobra de medición se ha realizado una desviación lateral hacia la izquierda, la maniobra de desviación debe realizarse igualmente hacia la izquierda.

30 Cuando  $\dot{r}_1 < \dot{r}_0$ , la maniobra de desviación debe realizarse en contra del sentido de giro de la maniobra de medición. Cuando, por ejemplo, en la maniobra de medición se ha realizado una desviación lateral hacia la izquierda, la maniobra de desviación debe realizarse ahora hacia la derecha.

Cuando  $0 < \dot{r}_1 - \dot{r}_0 < -\Delta v_0$ , debe realizarse otra maniobra de medición en sentido contrario al sentido de giro con un importe mayor de la modificación de la dirección que en la maniobra de medición anterior.

35 En el segundo caso se eleva la velocidad del primer vehículo A, es decir,  $\Delta v_0 > 0$ , con lo que resulta para el caso 2 la siguiente recomendación de desviación:

40 Cuando  $\dot{r}_1 > \dot{r}_0$ , la maniobra de desviación debe realizarse en el mismo sentido de giro que en la maniobra de medición. Cuando, por ejemplo, en la maniobra de medición se ha realizado una desviación lateral hacia la izquierda, debe realizarse la maniobra de desviación igualmente hacia la izquierda.

45 Cuando  $\dot{r}_1 < \dot{r}_0 - \Delta v_0$ , debe realizarse la maniobra de desviación en contra del sentido de giro de la maniobra de medición. Cuando, por ejemplo, en la maniobra de medición se ha realizado una desviación lateral hacia la izquierda, debe realizarse la maniobra de desviación igualmente ahora hacia la derecha.

Cuando  $0 < \dot{r}_1 - \dot{r}_0 > -\Delta v_0$ , debe realizarse otra maniobra de medición en sentido contrario al sentido de giro con un importe mayor de la modificación de la dirección que en la maniobra de medición anterior.

50 Para no tener que realizar el procedimiento en cada situación, cuando dos vehículos se encuentran en la proximidad, se puede acoplar el procedimiento a determinados valores umbrales, que condicionan, cuando no se alcanza un valor definido, una realización del procedimiento.

55 A tal fin, se pueden utilizar diferentes variables, que pueden realizar un indicio del procedimiento. En este caso se establece, por ejemplo, una distancia de paso, que define la distancia de dos vehículos en el lugar de la aproximación más estrecha (CPA), que no debería alcanzarse en un cruce de las trayectorias de vuelo. Ésta podría ser, por ejemplo, 5 km. Si no se alcanza ahora el valor umbral de la distancia predeterminado entonces se resuelve el procedimiento según la invención.

Adicional o exclusivamente, la duración de tiempo hasta la aproximación más estrecha, el llamado Time to Closest Point of Approach (TCPA), es decir, el tiempo hasta que se alcanza el CPA, se puede utilizar como criterio de resolución. Por ejemplo, según el ejemplo mencionado anteriormente, este caso sólo aparece en 10 min., con lo que no tiene ningún sentido una realización en este instante, puesto que podrían ajustarse todavía muchas modificaciones de la situación. El procedimiento podría realizarse activamente de manera conveniente, por ejemplo, ya dentro de una duración de tiempo de 2 minutos antes de la entrada posible.

Otra alternativa para un criterio de resolución representa el riesgo de colisión, que se determina, por ejemplo, a partir de la combinación de TCPA y CPA. Ya a partir de un valor predeterminado del riesgo de colisión se inicia el procedimiento según la invención. Esto evita maniobras en situaciones, en las que, por ejemplo, no parece probable una coincidencia o los vehículos están circulando sobre trayectorias de vuelo o vías de marcha paralelas.

También es posible tener en cuenta el tipo de intruso como un criterio en la decisión para la resolución del procedimiento. Para un avión de línea a la altura de vuelo de crucero, por ejemplo, un buque no es ninguna amenaza y, por lo tanto, no se necesita en este caso tampoco ninguna maniobra de desviación.

Para la obtención de información para poder determinar un valor umbral o un riesgo de colisión, se pueden utilizar y emplear transpondedores / receptores o también otras fuentes de información internas o externas. Ejemplos de sistemas transpondedores conocidos son AIS (navegación marítima), ADS-B y TCAS (ambos aeronáutica).

Una ventaja especial del procedimiento según la invención es la utilización de un solo parámetro de entrada de la velocidad de aproximación  $\dot{r}$ . De esta manera, el procedimiento puede recurrir la mayoría de las veces a sistemas ya existentes el avión, como por ejemplo a un sistema de radar, que suministra las informaciones necesarias de una manera rápida y robusta. No se necesitan informaciones angulares como azimut, elevación o la modificación del ángulo horizontal  $\omega$ , que sólo se pueden calcular, respectivamente, con gasto de medición comparativamente alto.

Así, por ejemplo, una medición de la velocidad angular  $\omega$  requiere una exactitud muy alta del sensor de medición (lo que elevaría el tamaño, peso y costes del sensor utilizado). Además, en el procedimiento según la invención la medición de los parámetros de entrada correspondientes se realiza directamente en el espacio-3D. No se requieren transformaciones en el espacio-2D, que necesitarían un principio de cálculo de varias fases, y es bien adecuado para ser realizado en tiempo real.

Además, el procedimiento permite la realización de la maniobra de medición, manteniendo con preferencia la velocidad, en una dirección discrecional. Esta dirección puede conducir a un objetivo sobre una semiesfera imaginaria delante del avión. Si se coloca, por ejemplo, un avión en el centro de una esfera, cada punto sobre la semiesfera que se encuentra en la dirección de la marcha delante del avión define una dirección posible para la maniobra de medición. En vehículos terrestres y marinos se reduce esta libertad a un semicírculo correspondiente delante del vehículo.

La aplicación del procedimiento correspondiente a bordo de un vehículo se puede realizar por medio de una instalación de control electrónico.

En la figura 4 se representa una vista general de la colaboración de la unidad de control 10 con los componentes del vehículo. En este caso, se representa la interacción con uno o varios sensores 11, de manera que la unidad de control 10 puede consultar y recibir estas informaciones y las puede almacenar para el procesamiento posterior. Las informaciones adicionales como, por ejemplo, informaciones de movimiento, datos de posición, señales de consulta, instrucción,  $\dot{r}(t)$  representan un extracto de los flujos de información más importantes. Otras informaciones conocidas por el técnico así como datos de información para formas de realización especiales se omiten para mejor legibilidad en la representación.

Además, la unidad de control 10 está instalada para emitir una instrucción a un piloto automático 12 y/o a un piloto 30 para la realización de una maniobra de medición del vehículo equipado con la instalación de control. En este caso, la realización se puede llevar a cabo a través del piloto 30 directamente o a través del piloto automático, donde el piloto 30 determina y controla la utilización del piloto automático 12. Esto se representa en la figura 4 por medio de la línea de trazos.

Después de determinar la realización completa de la maniobra de medición, que determina la unidad de control 10 con la ayuda de la modificación de las informaciones de movimiento o bien de los datos de posición del sistema de control 20 del vehículo, se puede realizar a continuación una nueva consulta de la velocidad de aproximación  $\dot{r}_1$  (correspondiente a  $\dot{r}(t_1)$ ) entre los dos vehículos y la recepción de los datos del sensor.

Las velocidades de aproximación  $\dot{r}_0$ ,  $\dot{r}_1$  se pueden comparar a continuación por la unidad de control 10 y se puede realizar a continuación una recomendación de desviación a un piloto automático 12 y/o a un piloto 30 para realizar la maniobra de desviación. En este caso:

con  $\dot{r}_1 > \dot{r}_0$ , la maniobra de desviación debe realizarse en el mismo sentido de giro que en la maniobra de medición, con  $\dot{r}_1 < \dot{r}_0$ , la maniobra de desviación debe realizarse en contra del sentido de giro que en la maniobra de medición, en el caso de  $\dot{r}_1 \cong \dot{r}_0$ , la unidad de control 10 emite una instrucción para realizar otra maniobra de medición en contra del sentido de giro con un importe mayor de la modificación de la dirección que en la maniobra de medición anterior.

5 La unidad de control electrónico 10 presenta interfaces con uno o varios sensores 11, el sistema de control del vehículo 20, es decir, por ejemplo el sistema de control de vuelo de un avión, así como con el piloto automático 12 / piloto 30, pudiendo realizarse la emisión hacia el piloto 30 con ventaja a través de una instalación de salida 13 (como se representa en la figura 4). La instalación de salida 13 puede generar la recomendación de desviación al conductor del vehículo visual y/o acústicamente.

10 Para la fijación de la realización de la maniobra de medición, la unidad de control 10 recibe informaciones del movimiento / datos de posición desde el sistema de control del vehículo 20 (para la identificación de la modificación del rumbo), que pueden entrar con ventaja a través de una interfaz correspondiente en la unidad de control 10. Para determinar una modificación de la velocidad a través de la maniobra de medición, la unidad de control está instalada para detectar, registrar y evaluar las informaciones de la velocidad con respecto al valor de éstas, pudiendo determinarse en una realización ventajosa la velocidad diferencial.

15 En otra realización ventajosa, se pueden recibir otras informaciones o señales, obteniendo desde el vehículo para iniciar el procedimiento informaciones desde ADS-B, AIS, TCAS u otras formas de sistemas de transpondedor o receptor. Con ventaja, el sistema presenta para estas informaciones una interfaz adicional, si no se puede utilizar una interfaz existente, como por ejemplo la del / los sensor(es) 11 o del sistema de control del avión 20.

20 En otra forma de realización, la unidad de control 10 presenta una funcionalidad en tiempo real, de manera que el procesamiento siguiente de las señales y la emisión de las informaciones se realizan casi sin demora.

## REIVINDICACIONES

- 5 1.- Procedimiento para determinar una recomendación de desviación para un primer vehículo (A) cuando se encuentra con un segundo vehículo (B) no-cooperativo, en el que el segundo vehículo (B) se mueve a velocidad constante, en el que el primero, y el segundo vehículos son un avión, un vehículo espacial, una embarcación o un submarino, y en el que el procedimiento tiene las siguientes etapas:
- 10 - medición de la velocidad de aproximación  $\dot{r}_0$  entre los dos vehículos (A, B) por medio de un sensor de a bordo del primer vehículo (A),
  - realización de una maniobra de medición del primer vehículo (A), en la que se realiza una modificación de la dirección del primer vehículo (A),
  - nueva medición de la velocidad de aproximación  $\dot{r}_1$  entre los dos vehículos (A, B) después de realizar la modificación de la dirección, caracterizado por que el procedimiento presenta, además las siguientes etapas:
  - 15 - comparación de las velocidades de aproximación  $\dot{r}_0$  y  $\dot{r}_1$  por medio de una unidad de procesamiento electrónico de a bordo del primer vehículo (A) así como
  - emisión de una recomendación para realizar una maniobra de desviación para el primer vehículo (A), en el que.
- 20 en el caso  $\dot{r}_1 > \dot{r}_0$ , la maniobra de desviación debe realizarse en mismo sentido de giro que en la maniobra de medición, en el caso  $\dot{r}_1 < \dot{r}_0$ , la maniobra de desviación debe realizarse en contra del sentido de giro a la maniobra de medición y en el caso de  $\dot{r}_1 = \dot{r}_0$ , debe realizarse otra maniobra de desviación en contra del sentido de giro con un importe mayor de la modificación de la dirección que en la maniobra de medición anterior.
- 25 2.- Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que como sensor se utiliza un sensor de radas, de sonar o un láser.
- 3.- Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la recomendación para la realización de una maniobra de desviación se emite en tiempo real.
- 30 4.- Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la modificación de la dirección de la maniobra de medición se puede realizar en una dirección opcional de la marcha, manteniendo el importe de la velocidad del primer vehículo.
- 35 5.- Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la realización del procedimiento se inicia cuando no se alcanza un valor umbral predefinido durante al menos una de las siguientes variables:
- 40 - distancia de paso, la llamada Closest Approach CA que corresponde a la distancia en el lugar previsible de la aproximación más estrecha a la llamada CPA de los dos vehículos (A, B),
  - duración de tiempo hasta la aproximación más estrecha, el llamado Time to Closest-Point of Approach TCPA,
  - riesgo de colisión.
- 45 6.- Procedimiento según la reivindicación 5, caracterizado por que el cálculo del riesgo de colisión se determina a partir de la combinación de TCPA y CPA y/o la distancia absoluta
- 50 7.- Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que para la decisión sobre el inicio del procedimiento se utilizan las informaciones de uno o varios de los sistemas siguientes: AIS, ADS-B, TCAS u otras formas de sistemas de transpondedor / receptor.
- 55 8.- Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que para la elevación de la fiabilidad de la recomendación de desviación se introduce un valor de corrección durante la comparación de las velocidades de aproximación  $\dot{r}_0$  y  $\dot{r}_1$ , que tiene en cuenta la geometría de la recomendación de desviación.
- 9.- Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la emisión de la recomendación de desviación se realiza en una pantalla, HUD o visor de casco.
- 60 10.- Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la emisión de la recomendación de desviación se realiza con medios acústicos.
- 65 11.- Procedimiento para determinar una recomendación de desviación para un primer vehículo (A) cuando se encuentra con un segundo vehículo (B) no-cooperativo, en el que el segundo vehículo se mueve a velocidad constante, en el que el primero, y el segundo vehículos son un avión, un vehículo espacial, una embarcación o un submarino, y en el que el procedimiento tiene las siguientes etapas:

- medición de la velocidad de aproximación  $\dot{r}_0$  entre los dos vehículos por medio de un sensor de a bordo del primer vehículo (A),
  - detección y registro del importe de la velocidad  $|\dot{v}_{A,0}|$  del primer vehículo (A) en el instante de la medición de  $\dot{r}_0$ ,
  - realización de una maniobra de medición del primer vehículo (A), en el que se realiza una modificación de la dirección del primer vehículo (A),
  - nueva medición de la velocidad de aproximación  $\dot{r}_1$  entre los dos vehículos después de la realización de la modificación de la dirección así como detección y registro del importe de la velocidad  $|\dot{v}_{A,1}|$  del primer vehículo (A) en el instante de la medición de  $\dot{r}_1$ ,
  - determinación de la velocidad diferencial  $\Delta v_{A,0} = |\dot{v}_{A,1}| - |\dot{v}_{A,0}|$  del primer vehículo, caracterizado por que el procedimiento presenta, además, las siguientes etapas:
  - comparación de las velocidades de aproximación  $\dot{r}_0$  y  $\dot{r}_1$  por medio de una unidad de procesamiento electrónico de a bordo del primer vehículo (A) así como
  - emisión de una recomendación para realizar una maniobra de desviación para el primer vehículo (A), en el que con  $\Delta v_{A,0} < 0$ :
    - para  $\dot{r}_1 > \dot{r}_0 - \Delta v_{A,0}$  la maniobra de desviación debe realizarse en la misma dirección que en la maniobra de medición,
    - con  $\dot{r}_1 < \dot{r}_0$  la maniobra de desviación debe realizarse en contra del sentido de giro de la maniobra de medición y,
    - con  $0 < \dot{r}_1 - \dot{r}_0 < \Delta v_0$  debe realizarse otra maniobra de medición en contra del sentido de giro con otro importe de la modificación de la dirección que en la maniobra de medición anterior
  - en el caso de  $\Delta v_{A,0} > 0$ :
    - para  $\dot{r}_1 > \dot{r}_0$  la maniobra de desviación debe realizarse en la misma dirección que en la maniobra de medición,
    - para  $\dot{r}_1 < \dot{r}_0 - \Delta v_0$  la maniobra de desviación debe realizarse en contra del sentido de giro de la maniobra de medición y,
    - para  $0 > \dot{r}_1 - \dot{r}_0 > \Delta v_0$  debe realizarse otra maniobra de medición en contra del sentido de giro con otro importe de la modificación de la dirección que en la maniobra de medición anterior.
12. Instalación de control electrónico, prevista para el empleo en un vehículo, para la implementación del procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, que está instalada de tal forma que
- se pueden consultar, recibir y registrar las señales de entrada desde uno o varios sensores de a bordo del primer vehículo equipado con la unidad de control para determinar la velocidad de aproximación  $\dot{r}_0$  actual entre los dos vehículos,
  - se puede generar una instrucción para un piloto automático y/o un piloto del primer vehículo para realizar una maniobra de medición del primer vehículo,
  - se puede realizar una fijación de la realización completa de la maniobra de medición con la ayuda de las informaciones de movimiento / datos de posición del primer vehículo y a continuación se puede realizar una nueva consulta de la velocidad de aproximación  $\dot{r}_1$  entre los dos vehículos y la recepción de los datos de sensor,
  - se puede realizar una comparación de las velocidades de aproximación  $\dot{r}_0$ ,  $\dot{r}_1$ ,
  - se puede regenera una recomendación de desviación al piloto automático y/o al piloto del primer vehículo para la realización de una maniobra de desviación, donde con  $\dot{r}_1 > \dot{r}_0$  debe realizarse la maniobra de desviación en el mismo sentido de giro que en la maniobra de medición, donde con  $\dot{r}_1 < \dot{r}_0$  debe realizarse la maniobra de desviación en contra del sentido de giro de la maniobra de medición,
  - en el caso de  $\dot{r}_1 = \dot{r}_0$  se puede generar una instrucción para la realización de la otra maniobra de medición en contra del sentido de giro con un importe mayor de la modificación de la dirección que en la maniobra de medición anterior.
- 13.- Instalación de control según la reivindicación 12, caracterizado por que está instalada para realizar un procesamiento de las señales de entrada de los sensores ya cuando no se ha alcanzado un valor umbral o en virtud de un riesgo de colisión.
- 14.- Instalación de control según la reivindicación 13, caracterizado por que presenta una interfaz con un AIS, ADS-B, TCAS u otras formas de sistemas de transpondedor / receptor.
- 15.- Instalación de control según una de las reivindicaciones 12 a 14 , caracterizado por que presenta una funcionalidad en tiempo real.

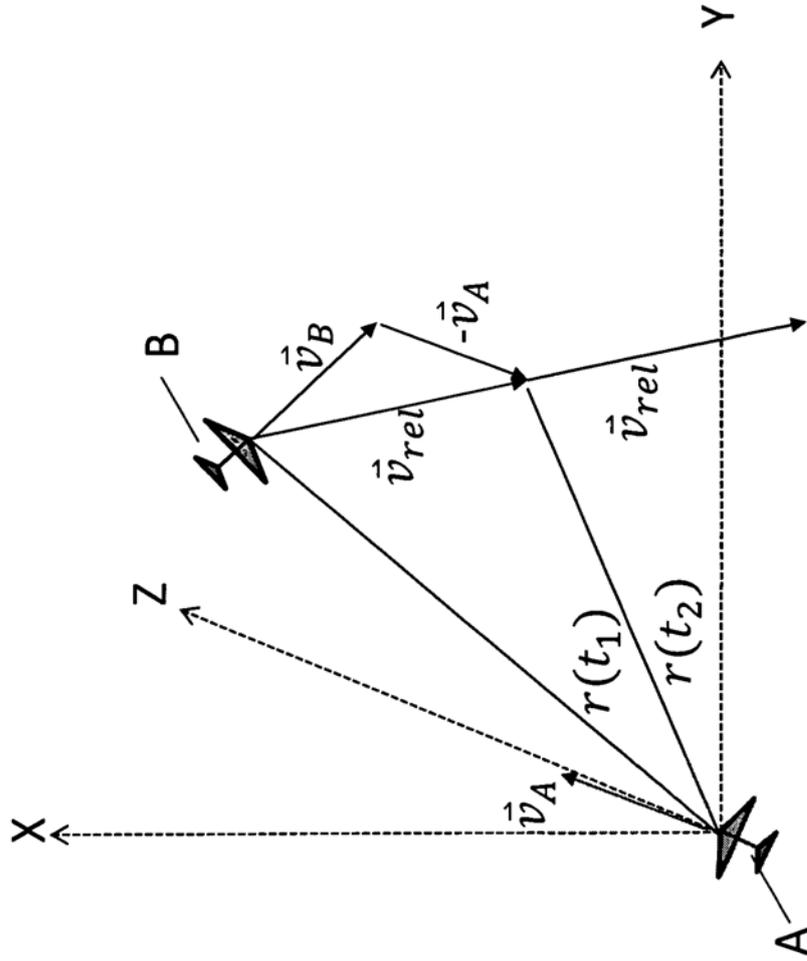


Fig. 1

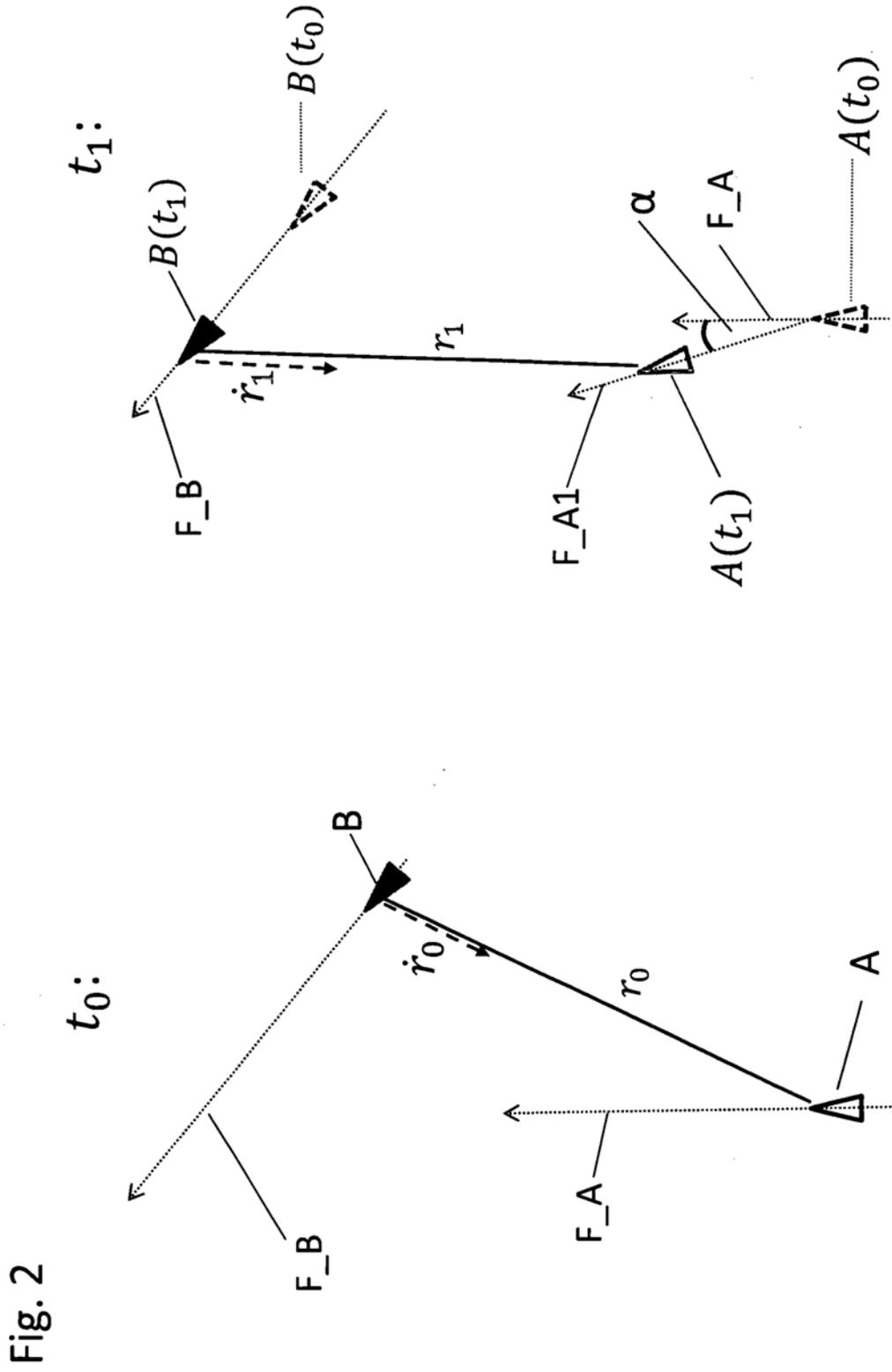


Fig. 2

Fig. 3

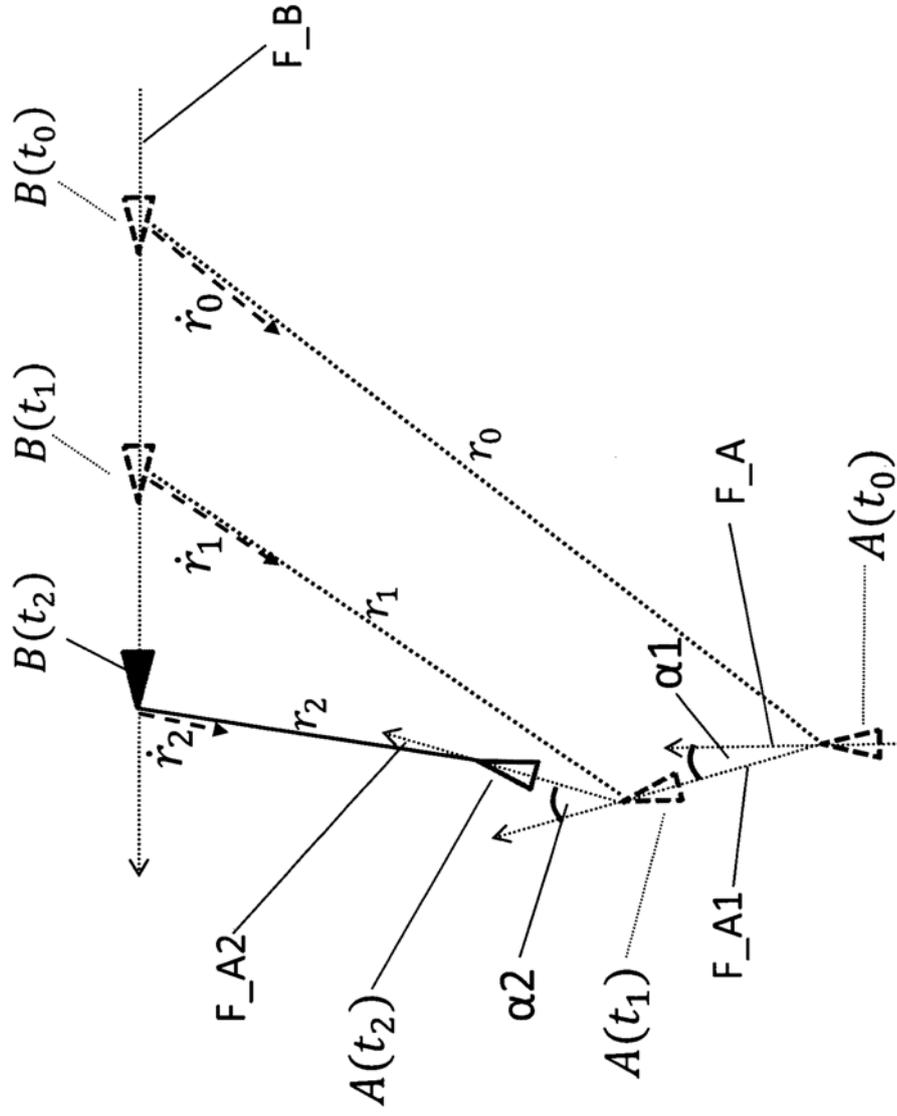


Fig. 4

