

ITALIAN PATENT OFFICE

Document No.

102009901768682A1

Publication Date

20110328

Applicant

BRIDGESTONE CORPORATION

Title

METODO PER LA STIMA DELLE FORZE CHE AGISCONO SUI PNEUMATICI
DI UN VEICOLO

DESCRIZIONE

del brevetto per invenzione industriale dal titolo:

"METODO PER LA STIMA DELLE FORZE CHE AGISCONO SUI PNEUMATICI DI UN VEICOLO"

di BRIDGESTONE CORPORATION

di nazionalità giapponese

con sede: 10-1, KYOBASHI 1-CHOME, CHUO-KU

TOKYO 104-0031 (GIAPPONE)

Inventori: GIUSTINIANO Mattia, FORTUNATO Gaetano, MAGGI Marco Andrea

SETTORE DELLA TECNICA

La presente invenzione è relativa ad un metodo per la stima delle forze che agiscono sui pneumatici di un veicolo.

ARTE ANTERIORE

Diverse prove sui pneumatici vengono eseguite al banco in quanto la prova al banco presenta dei costi molto più contenuti (non essendo necessario l'utilizzo di un veicolo reale e di un pilota) e presenta una ripetibilità decisamente più elevata (le sollecitazioni applicate al pneumatico e le condizioni al contorno quali temperatura e caratteristiche del fondo stradale sono note e facilmente regolabili). Il banco permette di applicare ad un pneumatico un'ampia varietà di sollecitazioni desiderate,

ma per rendere una prova al banco la più realistica possibile (cioè la più simile possibile a quanto avviene su strada) è necessario conoscere con buona precisione le sollecitazioni cui è sottoposto un pneumatico nell'utilizzo su strada in modo da poterle riprodurre al banco. A tale scopo vengono effettuate prove stradali utilizzando un veicolo dotato di una unità di misura che misura e registra le forze che agiscono sui pneumatici; al termine di una prova stradale di questo tipo l'unità di misura ha registrato l'andamento temporale delle forze che hanno agito sui pneumatici e tale andamento temporale viene fornito agli attuatori del banco per venire fedelmente riprodotto durante le prove al banco.

Un'altra unità di misura nota comprende un sensore di velocità che rileva la velocità di avanzamento (cioè la velocità longitudinale) del veicolo e tre accelerometri che rilevano le accelerazioni del veicolo lungo tre assi disposti longitudinalmente (accelerazione longitudinale), lateralmente o trasversalmente (accelerazione laterale o trasversale) e verticalmente (accelerazione verticale). Conoscendo la massa del veicolo (misurabile all'inizio della prova, dalle accelerazioni del veicolo misurate dagli accelerometri vengono calcolate le forze inerziali che agiscono sul veicolo stesso mediante una semplice moltiplicazione (Forza inerziale = accelerazione x massa).

Infine, conoscendo le caratteristiche geometriche del veicolo (cioè la distribuzione delle masse nel veicolo) e la tipologia delle sospensioni del veicolo è possibile determinare con buona approssimazione la ripartizione delle forze che agiscono sul veicolo su ciascuna delle quattro ruote.

Ad esempio, il brevetto US6804998B1 descrive un metodo per la stima delle forze che agiscono sui pneumatici di un veicolo in funzione di tre accelerazioni e della velocità di avanzamento del veicolo rilevate da corrispondenti sensori portati dal veicolo stesso.

Tuttavia, l'utilizzo delle misure fornite da tre accelerometri portati dal veicolo presenta diversi problemi, in quanto può essere affetta da un rumore rilevante e soprattutto può presentare una deriva nel tempo non trascurabile (ad esempio per la variazione della temperatura degli elementi sensibili). In particolare, la deriva temporale è particolarmente penalizzante, in quanto le prove hanno una durata notevole (fino a diverse ore) e quindi l'effetto complessivo della deriva temporale può essere anche molto rilevante.

Inoltre, l'unità di misura contenete gli accelerometri deve inevitabilmente essere alloggiata nella cassa del veicolo che risulta sospesa rispetto alle ruote mediante le sospensioni; di conseguenza, gli accelerometri rilevano

anche le accelerazioni dovute ai moti della cassa (cioè ai movimenti compiuti dalla cassa rispetto alle ruote) che non interessano le ruote. Quando la cassa si inclina rispetto alle ruote (ad esempio quando la cassa si abbassa frontalmente in frenata oppure quando la cassa si corica lateralmente in curva), gli assi di misura degli accelerometri si inclinano allo stesso modo rispetto al suolo (quindi rispetto alle ruote); di conseguenza, l'accelerazione longitudinale rilevata dall'accelerometro longitudinale a bordo del veicolo in realtà comprende anche una componente della accelerazione verticale o laterale (trasversale) del veicolo rispetto al suolo (analogamente accade anche all'accelerazione laterale o verticale rilevate dall'accelerometro laterale e dall'accelerometro verticale a bordo del veicolo).

Gli accelerometri a bordo del veicolo non consentono agevolmente la stima delle forze esercitate dai pneumatici al fine di permettere al veicolo di superare dislivelli stradali (salite) o limitare gli effetti gravitazionali (discese), dal momento che quando il veicolo affronta una salita (o una discesa) questi misurano la componente gravitazionale (oltre che l'eventuale componente inerziale).

Infine, per ragioni simili, gli accelerometri a bordo del veicolo non sono in grado di fornire le forze

aerodinamiche (quindi di natura non inerziale) che agiscono sul veicolo per effetto della resistenza dell'aria: quando il veicolo avanza in rettilineo con velocità costante, quindi in condizione di accelerazione longitudinale nulla, deve comunque vincere la resistenza dell'aria che applica sul veicolo una forza aerodinamica che deve venire compensata (per una marcia a velocità costante) da una analoga forza contraria trasmessa dai pneumatici al suolo.

DESCRIZIONE DELLA INVENZIONE

Scopo della presente invenzione è di fornire un metodo per la stima delle forze che agiscono sui pneumatici di un veicolo che sia esente dagli inconvenienti sopra descritti, e sia, in particolare, di facile ed economica implementazione.

Secondo la presente invenzione viene fornito un metodo per la stima delle forze che agiscono sui pneumatici di un veicolo secondo quanto stabilito nelle rivendicazioni allegate.

BREVE DESCRIZIONE DEI DISEGNI

La presente invenzione verrà ora descritta con riferimento ai disegni annessi, che ne illustrano un esempio di attuazione non limitativo, in cui:

- la figura 1 illustra schematicamente un veicolo provvisto di una unità di misura per la misura di grandezze fisiche necessarie alla successiva stima

delle forze che agiscono sui pneumatici che implementa il metodo della presente invenzione; e

- la figura 2 illustra schematicamente un tratto di strada percorso dal veicolo della figura 1.

FORME DI ATTUAZIONE PREFERITE DELL'INVENZIONE

Nella figura 1, con il numero 1 è indicato nel suo complesso un veicolo provvisto di quattro pneumatici 2.

Il veicolo 1 comprende una unità 3 di misura per la misura di grandezze fisiche necessarie alla successiva stima delle forze che agiscono sui pneumatici 2. L'unità 3 di misura comprende un localizzatore satellitare 4, il quale utilizzando lo standard GPS misura in tempo reale la velocità V_x longitudinale di avanzamento del veicolo 1 ed una posizione P del veicolo 1. La posizione P del veicolo 1 è costituita dall'insieme di tre coordinate X,Y,Z di un sistema di riferimento tridimensionale avente tre assi tra loro perpendicolari; le coordinate X e Y corrispondono a latitudine e longitudine e definiscono un piano, mentre la coordinata Z fornisce una quota verticale rispetto ad un piano di riferimento (tipicamente il livello del mare).

L'unità 3 di misura comprende inoltre un dispositivo 5 di memoria di massa (costituito da un disco rigido e/o da una memoria RAM eventualmente rimovibile) capace di immagazzinare dei dati ed un dispositivo 6 di elaborazione (costituito tipicamente da un Personal Computer che

potrebbe integrare al suo interno il dispositivo 5 di memoria) che interagisce con il dispositivo 5 di memoria e con il localizzatore satellitare 4.

Viene di seguito descritta la modalità utilizzata dalla unità 3 di misura per la misura delle grandezze fisiche necessarie alla successiva stima delle forze che agiscono sui pneumatici 2 del veicolo 1 con riferimento alla figura 2 durante una prova su strada.

Preventivamente, cioè prima di iniziare la prova su strada, viene determinata la massa M del veicolo 1 mediante una semplice operazione di pesatura; secondo una possibile forma di attuazione, la massa M del veicolo 1 può venire progressivamente aggiornata (cioè ridotta) per tenere conto della diminuzione dovuta al consumo del carburante (che è facilmente stimabile dalle informazioni fornite da una centralina elettronica di controllo del motore).

Durante la marcia del veicolo 1, il localizzatore satellitare 4 fornisce in tempo reale e con una frequenza di campionamento relativamente elevata (tipicamente almeno alcuni Hz) la posizione P del veicolo 1 costituita dall'insieme delle coordinate X, Y, Z e la velocità V_x longitudinale di avanzamento del veicolo 1; questi dati vengono ciclicamente memorizzati nel dispositivo 5 di memoria con una frequenza di memorizzazione che è tipicamente pari alla frequenza di campionamento del

localizzatore satellitare 4 ed è sincronizzata con la frequenza di campionamento del localizzatore satellitare 4.

Utilizzando i dati della velocità V_x longitudinale di avanzamento del veicolo 1 memorizzati nel dispositivo 5 di memoria, il dispositivo 6 di elaborazione calcola una accelerazione A_x longitudinale del veicolo 1 eseguendo la derivata prima nel tempo della velocità V_x longitudinale di avanzamento del veicolo 1.

Inoltre, utilizzando i dati della posizione P del veicolo 1 memorizzati nel dispositivo 5 di memoria, il dispositivo 6 di elaborazione determina una traiettoria T del veicolo 1 nel piano definito dalle due coordinate X e Y (corrispondenti a latitudine e longitudine); in altre parole, la traiettoria T del veicolo 1 è data dalla evoluzione della posizione P del veicolo 1 nel piano definito dalle due coordinate X e Y. Successivamente, il dispositivo 6 di elaborazione determina un raggio R di curvatura della traiettoria T del veicolo 1 mediante semplici calcoli geometrici e quindi calcola una accelerazione A_y laterale del veicolo 1 in funzione della velocità V_x longitudinale di avanzamento e del raggio R di curvatura della traiettoria T mediante una semplice operazione matematica ($A_y = V_x^2 / R$).

Il dispositivo 6 di elaborazione calcola una forza FI_x inerziale longitudinale agente sul veicolo 1 moltiplicando

la massa M del veicolo 1 per l'accelerazione A_x longitudinale del veicolo 1 e calcola una forza FI_y inerziale laterale agente sul veicolo 1 moltiplicando la massa M del veicolo 1 per l'accelerazione A_x longitudinale del veicolo 1.

Secondo una preferita forma di attuazione, il dispositivo 6 di elaborazione determina una quota verticale del veicolo 1 in funzione della terza coordinata Z , determina l'inclinazione della strada su cui viaggia il veicolo 1 in funzione della evoluzione della quota verticale del veicolo 1 mediante semplici calcoli geometrici, ed infine determina una forza FG gravitazionale agente sul veicolo 1 in funzione della inclinazione della strada su cui viaggia il veicolo 1 mediante semplici calcoli geometrici. In altre parole, la forza FG gravitazionale agente sul veicolo 1 è calcolata moltiplicando la forza peso complessiva agente sul veicolo 1 (pari alla massa M moltiplicata per l'accelerazione gravitazionale G) per il seno dell'angolo di inclinazione della strada su cui viaggia il veicolo 1.

Secondo una preferita forma di attuazione, inoltre, il dispositivo 6 di elaborazione determina una forza FA aerodinamica agente sul veicolo 1 in funzione della velocità V_x longitudinale di avanzamento del veicolo 1; la forza FA aerodinamica può venire determinata utilizzando un

equazione determinata in modo teorico e presentante parametri determinati sperimentalmente, oppure può venire determinata utilizzando una tabella determinata sperimentalmente (tipicamente utilizzando una interpolazione tra i punti della tabella).

Infine, il dispositivo 6 di elaborazione determina la forza F_x longitudinale complessiva agente sul veicolo 1 sommando algebricamente (cioè tenendo conto del segno positivo o negativo) la forza FI_x inerziale longitudinale (avente segno positivo o negativo corrispondente a decelerazione o accelerazione), la forza FG gravitazionale (avente segno positivo o negativo corrispondente a discesa o salita), e la forza FA aerodinamica (avente segno sempre negativo).

Le forze F_x ed F_y complessive agenti sul veicolo 1 vengono ripartite sui pneumatici 2, cioè viene determinata la quota parte delle forze F_x ed F_y complessive agenti sul veicolo 1 per ciascuno pneumatico 2, in funzione delle caratteristiche geometriche del veicolo 1 (cioè la distribuzione delle masse nel veicolo 1) e della tipologia delle sospensioni del veicolo 1.

Per semplicità, tutti i componenti della unità 3 di misura sono stati descritti come disposti insieme a bordo del veicolo 1; in realtà a bordo del veicolo 1 possono essere presenti solo il localizzatore satellitare 4 ed il

dispositivo 5 di memoria, mentre il dispositivo 6 di elaborazione è in un laboratorio e viene collegato al dispositivo 5 di memoria solo al termine della prova su strada per eseguire le sopra descritte elaborazioni per determinare le forze che hanno agito sui pneumatici 2 del veicolo 1 durante la prova su strada.

E' importante osservare che in ogni caso la determinazione delle forze che agiscono sui pneumatici 2 del veicolo 1 non avviene mai "in tempo reale", ma sempre con un certo ritardo (di almeno qualche secondo), in quanto per determinare il raggio R di curvatura della traiettoria T in un certo punto della traiettoria T è necessario conoscere anche un tratto della traiettoria a valle del punto in esame. Inoltre, sulle misure fornite dal localizzatore satellitare 4 (in particolare sulla velocità V_x longitudinale di avanzamento del veicolo 1) vengono tipicamente applicati dei filtri a media mobile per eliminare un eventuale rumore ad alta frequenza (molto fastidioso durante la derivazione nel tempo) e tali filtri a media mobile richiedono la conoscenza dell'evoluzione della grandezza interessata anche oltre l'istante considerato.

Il metodo sopra descritto per la stima delle forze che agiscono sui pneumatici 2 del veicolo 1 presenta numerosi vantaggi.

In primo luogo, il metodo sopra descritto è di semplice ed economica implementazione in quanto prevede l'utilizzo di un unico strumento di misura (il localizzatore satellitare 4) che è relativamente economico, è di facile installazione, e non richiede alcuna taratura preventiva.

Inoltre, il metodo sopra descritto è estremamente preciso e soprattutto non risente in alcun modo di derive temporali, in quanto il localizzatore satellitare 4 presenta bassi livelli di rumore, fornisce una elevata precisione, e non è affetto da derive temporali (né per invecchiamento dei componenti, né per effetto termico) in quanto, a differenza di un accelerometro, è privo di elementi sensibili fisicamente coinvolti nelle misurazioni.

Il localizzatore satellitare 4 non risente in alcun modo dei moti di cassa del veicolo 1 e quindi le misure fornite dal localizzatore satellitare 4 non sono in alcun modo influenzate dai movimenti della cassa del veicolo 1 sulle sospensioni.

Infine, grazie alle informazioni fornite dal localizzatore satellitare 4 sulla quota verticale del veicolo 1 è possibile determinare con precisione anche la forza FG gravitazionale agente sul veicolo 1 in funzione della inclinazione della strada su cui viaggia il veicolo 1.

RIVENDICAZIONI

1) Metodo per la stima delle forze che agiscono sui pneumatici (2) di un veicolo (1); il metodo comprende le fasi di:

determinare la massa (M) del veicolo (1);

misurare la velocità (V_x) longitudinale di avanzamento del veicolo (1);

determinare l'accelerazione (A_x) longitudinale del veicolo (1);

determinare l'accelerazione (A_y) laterale del veicolo (1);

calcolare una forza (FI_x) inerziale longitudinale agente sul veicolo (1) moltiplicando la massa (M) del veicolo (1) per l'accelerazione (A_x) longitudinale del veicolo (1);

calcolare una forza (FI_y) inerziale laterale agente sul veicolo (1) moltiplicando la massa (M) del veicolo (1) per l'accelerazione (A_x) longitudinale del veicolo (1); e

ripartire sui pneumatici (2) le forze (FI_x , FI_y) agenti sul veicolo (1);

il metodo è **caratterizzato dal fatto di** comprendere le ulteriori fasi di:

eseguire la derivata prima nel tempo della velocità (V_x) longitudinale di avanzamento del veicolo (1) per determinare l'accelerazione (A_x) longitudinale del veicolo

(1);

misurare una posizione (P) del veicolo (1);

determinare una traiettoria (T) del veicolo (1) in funzione della evoluzione della posizione (P) del veicolo (1);

determinare un raggio (R) di curvatura della traiettoria (T) del veicolo (1); e

calcolare l'accelerazione (A_y) laterale del veicolo (1) in funzione della velocità (V_x) longitudinale di avanzamento e del raggio (R) di curvatura della traiettoria (T).

2) Metodo secondo la rivendicazione 1, in cui la posizione (P) del veicolo (1) è costituita dall'insieme di tre coordinate (X,Y,Z) e la traiettoria (T) del veicolo (1) viene determinata nel piano definito da due coordinate (X,Y) corrispondenti a latitudine e longitudine.

3) Metodo secondo la rivendicazione 2 e comprendente le ulteriori fasi di:

determinare una quota verticale del veicolo (1) in funzione di una terza coordinata (Z);

determinare l'inclinazione della strada su cui viaggia il veicolo (1) in funzione della evoluzione della quota verticale del veicolo (1);

determinare una forza (FG) gravitazionale agente sul veicolo (1) in funzione della inclinazione della strada su

cui viaggia il veicolo (1); e

sommare algebricamente la forza (FG) gravitazionale alla forza (FI_x) inerziale longitudinale.

4) Metodo secondo la rivendicazione 1, 2 o 3 e comprendente le ulteriori fasi di:

determinare una forza (FA) aerodinamica agente sul veicolo (1) in funzione della velocità (V_x) longitudinale di avanzamento del veicolo (1); e

sommare algebricamente la forza (FA) aerodinamica alla forza (FI_x) inerziale longitudinale.

5) Metodo secondo una delle rivendicazioni da 1 a 4, in cui la velocità (V_x) longitudinale di avanzamento del veicolo (1) e la posizione (P) del veicolo (1) vengono misurate da un localizzatore (4) satellitare.

p.i.: BRIDGESTONE CORPORATION

Elena CERBARO

CLAIMS

1) A method of evaluating the forces acting on the tyres (2) of a vehicle (1), the method comprising the steps of:

determining the mass (M) of the vehicle (1);

measuring the longitudinal travelling speed (V_x) of the vehicle (1);

determining the longitudinal acceleration (A_x) of the vehicle (1);

determining the lateral acceleration (A_y) of the vehicle (1);

calculating a longitudinal inertial force (FI_x) acting on the vehicle (1), by multiplying the mass (M) of the vehicle (1) by longitudinal acceleration (A_x) of the vehicle (1);

calculating a lateral inertial force (FI_y) acting on the vehicle (1), by multiplying the mass (M) of the vehicle (1) by longitudinal acceleration (A_x) of the vehicle (1);
and

apportioning to the tyres (2) the forces (FI_x , FI_y) acting on the vehicle (1);

the method being **characterized by** comprising the further steps of:

determining the first derivative of the longitudinal travelling speed (V_x) of the vehicle (1) to determine

longitudinal acceleration (A_x) of the vehicle (1);

measuring a position (P) of the vehicle (1);

determining a path (T) of the vehicle (1) as a function of changes in the position (P) of the vehicle (1);

determining a radius (R) of curvature of the path (T) of the vehicle (1); and

calculating lateral acceleration (A_y) of the vehicle (1) as a function of longitudinal travelling speed (V_x) and the radius (R) of curvature of the path (T).

2) A method as claimed in Claim 1, wherein the position (P) of the vehicle (1) is defined by three coordinates (X, Y, Z), and the path (T) of the vehicle (1) is determined in the plane defined by two coordinates (Z, Y) corresponding to latitude and longitude.

3) A method as claimed in Claim 2, and comprising the further steps of:

determining the altitude of the vehicle (1) as a function of a third coordinate (Z);

determining the gradient of the road along which the vehicle (1) is travelling, as a function of changes in the altitude of the vehicle (1);

determining a gravitational force (FG) acting on the vehicle (1), as a function of the gradient of the road along which the vehicle (1) is travelling; and

algebraically adding the gravitational force (FG) and

the longitudinal inertial force (FI_x).

4) A method as claimed in Claim 1, 2 or 3, and comprising the further steps of:

determining an aerodynamic force (FA) acting on the vehicle (1), as a function of the longitudinal travelling speed (V_x) of the vehicle (1); and

algebraically adding the aerodynamic force (FA) and the longitudinal inertial force (FI_x).

5) A method as claimed in one of Claims 1 to 4, wherein the longitudinal travelling speed (V_x) of the vehicle (1) and the position (P) of the vehicle (1) are determined by a satellite positioning device (4).

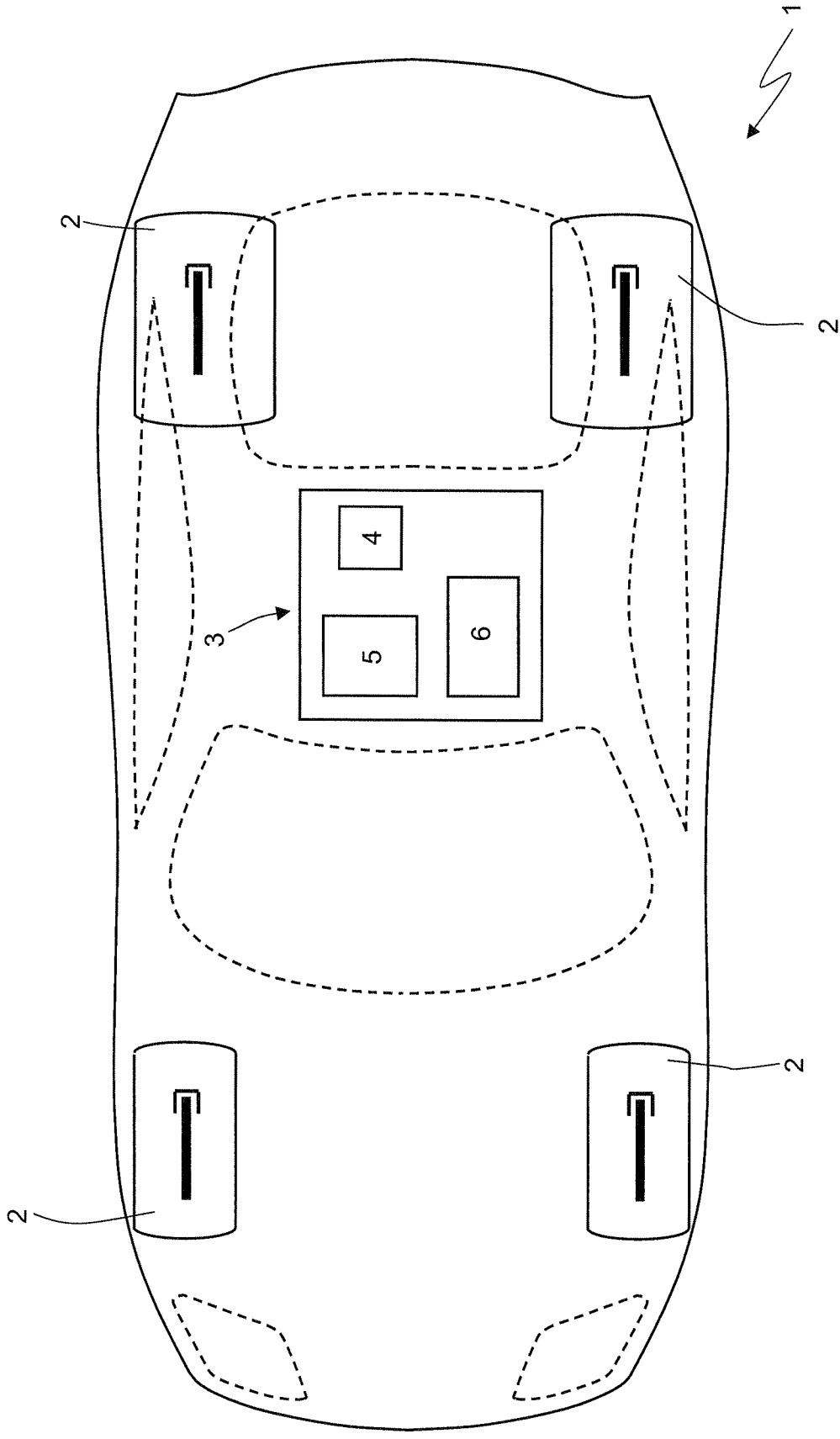


Fig. 1

p.i.: BRIDGESTONE CORPORATION

Elena CERBARO
(Iscrizione Albo nr. 426/BM)

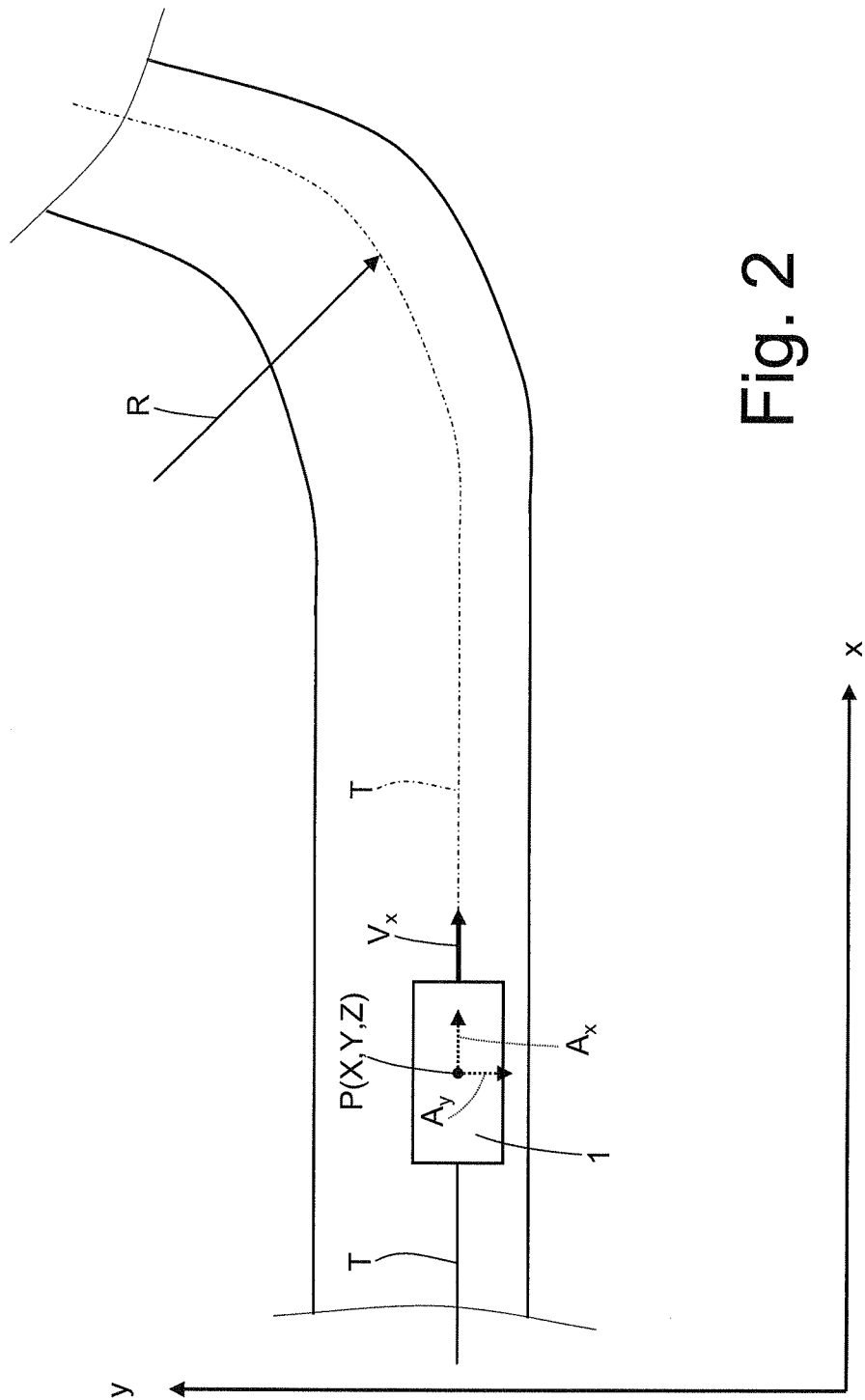


Fig. 2

p.i.: BRIDGESTONE CORPORATION

Elena CERBARO
(Iscrizione Albo nr. 426/BM)