



República Federativa do Brasil
Ministério da Indústria, Comércio Exterior
e Serviços
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) PI 0419065-3 B1

(22) Data do Depósito: 20/12/2004

(45) Data de Concessão: 29/11/2016



(54) Título: MÉTODO E SISTEMA DE INSPEÇÃO NÃO INTRUSIVOS

(51) Int.Cl.: G01V 5/00; G01N 23/04

(30) Prioridade Unionista: 30/09/2004 RO A 2004 00830

(73) Titular(es): S.C. MB TELECOM LTD., S.R.L.

(72) Inventor(es): EDUARD SERBAN; MIRCEA TUDOR; CONSTANTIN SIMA; GHEORGHE TUDOR;
RASVAN IONESCU; CRISTIAN GRECHI; EMILIAN MIEILICA; ADRIAN BÎZGAN; ADRIAN DURALIA;
FLORIN OANCEA; PETRE GHITA; SERGIU SEMENESCU

"MÉTODO E SISTEMA DE INSPEÇÃO NÃO INTRUSIVOS"

A presente invenção refere-se a um método e a um sistema de inspeção não intrusivos, os quais radiografam recipientes, veículos e vagões de trens, sem a necessidade de
5 romper lacres, abrir recipientes ou controle físico.

A invenção pode ser utilizada para a varredura de veículos, para criar uma radiografia, a qual pode ser avaliada e da qual resulta a natureza e a quantidade de mercadoria transportada, rastrear tentativas de contrabando
10 ou de transportes ilegais de produtos proibidos ou não declarados (drogas, explosivos, armamentos, etc.) para proteção antiterrorista, por meio da varredura de todos os veículos que tenham acesso a áreas restritas, como aeroportos, portos marítimos e fluviais, pontos de cruzamento
15 de fronteiras, acesso a prédios de segurança, bases militares, etc.

Para a finalidade de um controle não intrusivo, vários métodos de varredura são conhecidos, para os quais há as seguintes fontes de radiação:

20 - fontes de radiação gama, geradas naturalmente por material radioativo encapsulado duplo, tais como cobalto, cézio, etc.; e

- geradores de raios-X ou aceleradores lineares de raios X, radiação gama e nêutrons.

25 O princípio do sistema de inspeção não intrusivo requer a irradiação de uma área de detecção, colocada linearmente em frente de uma cortina em forma de ventilador delgado de radiação colimada, por meio da qual o objeto varrido é movimentado relativamente. Os sinais elétricos dos
30 detectores são processados análoga e digitalmente, para gerar, linha por linha, uma radiografia a ser exibida em um monitor de PC (computador pessoal). O movimento relativo do objeto varrido é feita por movimentação do objeto em relação

a um dispositivo de varredura fixo, ou por movimento do dispositivo de varredura em relação a um objeto fixo. A operação de todo o sistema é feita de uma cabine de controle, colocada próxima ao dispositivo de varredura, cabine para a
5 qual uma blindagem de radiação ampla é obrigatória.

Esse método tem a desvantagem de que expõe os operadores ao risco de irradiação profissional.

Atualmente, são conhecidos vários sistemas de varredura não intrusivos, os quais incluem as tecnologias apresentadas acima. Um desses é o sistema de formação de
10 imagem móvel com radiação gama, GaRDS, fabricado pela empresa norte-americana RAPISCAN SECURITY PRODUCTS Inc. Nesse produto, a fonte de radiação é conduzida por uma lança metálica, solidária com o chassi, que é muito dispendiosa,
15 pesada e que gera um importante movimento de inclinação, e tem a desvantagem de limitar a posição da fonte de radiação ao comprimento máximo da lança. O GaRDS, como quaisquer outros sistemas de varredura móveis, que são atualmente conhecidos, têm a cabine do operador montada no chassi,
20 expondo os operadores do sistema aos riscos de irradiação profissional e acidental, riscos eliminados pela presente invenção por construção da cabine do operador em uma unidade possível de ser rebocada, móvel, que é colocada fora da área de exclusão, durante os procedimentos de varredura, e
25 controla todos os processos à distância por rádio. Outra grande diferença é que os sistemas conhecidos, incluindo o GaRDS, precisam de um motorista para operar a unidade de varredura, necessidade esta eliminada na presente invenção por meio da implementação de um subsistema para o controle
30 automático de velocidade e condução.

Outras desvantagens dos sistemas conhecidos consistem do fato de que eles são pesados, são instalados em veículos com capacidade de conduzir cargas pesadas, com dois

e até quatro eixos, necessários para suportar o peso dos componentes e dos contrapesos que compensam o movimento de inclinação, gerado pela lança retendo a fonte de radiação a uma distância lateral de no mínimo quatro metros da área dos
5 detectores.

A operação dos sistemas conhecidos é muito complicada, necessitando de no mínimo três pessoas por turno, um operador, um motorista e um supervisor externo, em que este último tem a responsabilidade de dirigir o tráfego dos
10 veículos, que vão ser varridos na área de varredura, bem como de impedir intrusão na área de exclusão, na qual existe o perigo de irradiação.

O aspecto técnico que é tratado pela presente invenção é a prática de um método e um sistema de inspeção
15 não intrusivos, que eliminam, completamente, o risco de irradiação profissional, por meio da remoção da cabine dos operadores (o centro de controle) da área de exclusão e eliminação da necessidade de um motorista e de um supervisor externo, por meio da automação e operação remota de todos os
20 processos envolvidos na área de exclusão e na área limítrofe. Através da implementação desses processos automatizados, a redução de pessoal para uma pessoa por turno é possível.

O método de inspeção não intrusivo, de acordo com a invenção, elimina as desvantagens mencionadas acima pelo fato
25 de que o veículo, que é varrido, tem acesso à área de exclusão por um subsistema de gerenciamento de tráfego automático, que comanda, automaticamente, o funcionamento das barreiras e dos sinais de entrada e saída. O veículo é colocado em um ponto marcado, antes que o seu motorista deixe
30 a área de exclusão (na qual há um risco de irradiação), a seguir a proteção da área de exclusão é ativada, seguido pelo início do processo de varredura por comandos remotos para a unidade de varredura móvel e para o robô portador da fonte,

quando a fonte de radiação é ativada e o movimento lento e constante das duas unidades móveis é iniciado. Essas unidades se movem retilíneas e uniformes em trajetórias paralelas, enquadrando o veículo varrido. O robô da fonte é movimentado em sincronização com a unidade de varredura móvel. O movimento das unidades móveis é controlado automaticamente por módulos eletrônicos e informatizados, ligados ao centro de controle em uma rede de área local (LAN), por modems de rádio, cujo centro recebe os comandos e pelos quais são enviadas informações de estado e dados dedicados em tempo real. A interrupção da varredura é feita automaticamente nas seguintes situações, quando a lança de detecção tiver passado da extremidade do veículo varrido e os detectores receberem o nível de radiação máximo, ao final do comprimento de varredura programado, quando o limitador de proteção do movimento for disparado, quando a proteção da área de exclusão tiver sido quebrada, quando o sensor de proximidade tiver sido disparado, indicando uma distância perigosa entre a lança de detecção e o veículo varrido, e quando obstáculos próximos às rotas guias tiverem sido detectados automaticamente pelos sensores colocados nas unidades móveis. A interrupção do processo de varredura pode ser comandada manualmente pelo operador, a qualquer momento. Durante esse estágio do processo, a imagem resultante da varredura do veículo é exibida no monitor do operador e, ao final do estágio, a proteção da área de exclusão é desativada automaticamente, e o veículo pode deixar a área de varredura. As duas unidades móveis se movimentam de volta para a posição de partida, e o ciclo de varredura pode ser restabelecido.

O sistema, que implementa o método apresentado acima, consiste de uma unidade de varredura móvel, instalada em um chassi de caminhão, no qual uma lança, com áreas de detecção específicas ao tipo de radiação utilizada, é

montada, e um portador de robô de fonte de uma fonte de radiação, em que ambas as unidades são autônomas e contêm subsistemas para o controle automático de velocidade e direção, um subsistema de sincronização de posição e um
5 subsistema de propulsão hidráulico, para executar um movimento lento retilíneo e uniforme da unidade de varredura. O sistema também inclui um centro de controle móvel, que é colocado fora da área de varredura e que controla remotamente todos os processos, incluindo um subsistema para aquisição,
10 processamento, armazenamento e exibição de imagem varrida. O sistema também inclui um subsistema de proteção de área de exclusão, um subsistema de gerenciamento de tráfego automático e um subsistema de controle computadorizado.

A unidade de varredura móvel tem uma lança de
15 detecção, constituída da área de detecção superior, montada em um apoio de aço que pode executar um movimento pivotante em torno de um eixo, em um mancal solidário com um chassi suplementar, e da área de detecção inferior, sendo que esta é montada independente em um engate oscilante, e as duas áreas
20 têm sistemas de dobramento separados durante o transporte, mas com funcionalidade unitária durante a operação de varredura.

A lança de detecção é constituída de cinco segmentos orientados sob diferentes ângulos e é feita de liga
25 leve montada na forma de "T".

Em uma primeira variante de implementação, o subsistema para o controle automático da velocidade e direção das duas unidades é constituído de um motor elétrico, o qual aciona a coluna de esterçamento e um módulo de controle
30 eletrônico. O subsistema recebe informações sobre as posições relativas das unidades para as duas rotas de guia, que devem induzir duas trajetórias paralelas. As informações de posicionamento são recebidas por alguns módulos de hardware e

software M2r e M2s, e processadas por algum dos módulos M1r e M1s, que alimenta a entrada para o subsistema de sincronização de posicionamento, ligado aos servossistemas de operação do robô do chassi e da fonte.

5 Em outra variante de implementação, o subsistema para o controle automático de velocidade e direção recebe informações concernentes à posição relativa para uma rede fixa de refletores de laser, para alguns sensores de laser de feixes rotativos, colocados nas duas unidades móveis, pelos
10 módulos de hardware e software M2r e M2s, e processa as mesmas pelos módulos M1r e M1s, alimentando a entrada para o subsistema de sincronização de posicionamento, conectado aos servossistemas de operação do robô da fonte e do chassi.

O subsistema de movimento hidráulico, que aciona o
15 chassi em movimento lento, é constituído de uma caixa de engrenagens, para o subsistema de acionamento combinado, que tem um sensor de revelação, um motor hidráulico, uma bomba hidráulica com capacidade de escoamento variável, controlada por um módulo eletrônico, comandado por um aplicativo de
20 software dedicado de controle de movimento automático.

O subsistema de gerenciamento de tráfego automático é dotado com algumas barreiras e luzes de tráfego, comandadas por rádio, diretamente por um aplicativo de software dedicado, e o subsistema de proteção de área de exclusão é
25 constituído de alguns sensores ativos de detecção de movimento, um módulo de controle para o estado dos sensores, e um módulo de interrupção de fonte de radiação automática de emergência, no caso em que uma área de exclusão tiver sido violada.

30 O subsistema para aquisição, processamento, armazenamento e exibição de imagem varrida é constituído de alguns módulos pré-amplificadores, nos quais são conectados os detectores, alguns módulos de multiplexadores, alguns

conversores de analógico em digital, alguns microcontroladores, um barramento CAN, alguns módulos CAN, uma interface de comunicação CANi com uma unidade de processamento, que executa um aplicativo de software
5 dedicado, conectados por uma LAN sem fio a outra unidade de processamento, que executa um outro aplicativo de software dedicado, para exibir em um monitor a radiografia resultante.

A invenção tem as seguintes vantagens:

- eliminação do risco de irradiação profissional
10 dos operadores, bem como do risco de irradiação acidental dos possíveis intrusos na área de exclusão;

- redução de pessoal de no mínimo três por turno para uma pessoa por turno;

- maior mobilidade, maior flexibilidade e maior
15 manobrabilidade do sistema;

- maior automação;

- maior produtividade, maior número de veículos de varredura por unidade de tempo, por automação dos processos e diminuição do tempo ocioso por controle por computador dos
20 processos;

- obtenção de uma velocidade de varredura constante baixa, essencial para que se tenha uma penetração máxima de uma imagem de boa qualidade, sem distorção geométrica;

- controle preciso de velocidade e distância
25 percorrida em uma faixa de tempos preestabelecidos;

- a preservação dos desempenhos dinâmicos do chassi no "modo dinâmico";

- redução significativa, com mais de 20%, do peso total do sistema, com efeitos positivos na redução do
30 movimento de oscilação e das tensões de torção dentro do chassi;

- redução significativa, com mais de 30%, dos consumos específicos de energia e combustível; e

- capacidade de uma análise posterior dos parâmetros de funcionamento e/ou dos possíveis eventos indesejados, por implementação de uma "caixa preta", similar àquelas utilizadas em aviação, que registra, automaticamente, todos os parâmetros de comandos, realimentação e funcionamento do sistema.

Além disso, é apresentado um exemplo de implementação da invenção, em conjunto com as figuras 1 a 13, que descrevem:

10 - a Figura 1, uma vista em perspectiva do sistema de inspeção não intrusivo, de acordo com a invenção, colocado dentro da área de exclusão;

- a Figura 2, uma vista geral do sistema e da área de exclusão, de acordo com a invenção, com a variante de implementação das rotas guias;

- a Figura 3, uma vista geral do sistema e da área de exclusão, de acordo com a invenção, com a variante de implementação de sensores de laser de feixes rotativos;

20 - a Figura 4, um diagrama de sistema inspeção não intrusivo, de acordo com a invenção;

- a Figura 5, uma vista geral esquemática do trem de acionamento, quando do uso de acionamento direto mecânico;

- a Figura 6, uma vista geral esquemática do trem de acionamento, quando do uso de bomba hidráulica da caixa de engrenagens, para acionamento combinado interpolado, entre o eixo de saída da caixa de engrenagens e o eixo de entrada da árvore traseira;

- a Figura 7, uma vista lateral esquemática da caixa de engrenagens, para acionamento combinado;

30 - a Figura 8, uma vista geral da cabine dos sistemas com o subsistema para o controle automático de velocidade e direção, na variante de implementação das rotas de guia;

- a Figura 10, uma vista geral do chassi no modo de transporte;

- a Figura 11, uma vista da parte posterior das unidades móveis na posição de varredura;

5 - a Figura 12, um digrama do subsistema de sincronização de posicionamento; e

- a Figura 13, o subsistema para aquisição, processamento, armazenamento e exibição de diagrama de imagem varrida.

10 O método de inspeção não intrusivo tem as seguintes etapas:

- o veículo, que deve ser inspecionado, é colocado na barreira de entrada na área de varredura;

15 - o motorista do veículo sai do veículo e entrega os documentos de transporte;

- a entrada na área de varredura é permitida, a barreira de entrada é levantada e a luz do tráfego de entrada é mudada para verde, e o subsistema de proteção da área de exclusão é desativado;

20 - o motorista posiciona o veículo na área de varredura, no ponto marcado, e deixa a área de exclusão;

- o subsistema de proteção da área de exclusão é ativado;

25 - o operador inicia o processo de varredura do centro de controle, por meio da transmissão por rádio do comando à unidade de varredura móvel;

30 - a fonte de radiação é ativada, e o movimento lento da unidade de varredura é iniciado. O sistema se movimenta retilineamente, com uma velocidade constante, ao longo do veículo inspecionado. O robô da fonte se movimenta retilínea e uniformemente, sincronizado com o dispositivo de varredura, em uma trajetória paralela, de modo que o veículo inspecionado é colocado entre o robô da fonte a área de

detecção. Os dois veículos são energeticamente independentes, mas sincronizados um com o outro, e ambos com uma pista de varredura. A velocidade das unidades é controlada automaticamente por módulos eletrônicos e informatizados, a bordo de cada unidade de varredura móvel. Esses módulos são conectados por rádio, por modem de rádio na LAN, com o centro de controle do qual recebem comandos e para o qual enviam realimentação;

- a varredura é interrompida automaticamente nas seguintes situações:

o se a lança de detecção passar a extremidade do veículo inspecionado, de modo que o sistema de formação de imagem recebe uma série de linhas brancas, significando nível de radiação máximo em todos os detectores;

o ao final do comprimento de varredura programado;

o se o sistema de limitação de comprimento tiver sido disparado;

o se a proteção da área de exclusão tiver sido rompida;

o quando a distância entre a lança de detecção e o veículo inspecionado for perigosamente pequena, o sensor de proximidade, que mede essa distância, dispara; e

o quando da detecção automática de obstáculos perto das rotas de guia, por sensores colocados nas partes frontal e traseira das unidades móveis;

- todos os documentos relativos ao transporte são varridos e armazenados em um banco de dados;

- a radiografia do veículo é exibida no monitor no centro de controle;

- ao final da fase de varredura, a proteção da área de exclusão é desativada;

- o motorista do veículo inspecionado recebe de volta os documentos de transporte;

- a barreira de saída é levantada, a luz do tráfego

de saída fica verde e o veículo deixa a área;

- a barreira de saída é retornada e o ciclo pode ser restabelecido; e

- um arquivo que contém a radiografia e a imagem
5 real do veículo, bem como as cópias de todos os documentos relativos ao transporte, é criado e armazenado com uma identidade única.

O sistema de inspeção não intrusivo, de acordo com a invenção, é um conjunto móvel de varredura radioativo,
10 instalado em um chassi autônomo 1, leve com uma lança metálica 2 colocada no mesmo, feita de aço de liga leve, composta de cinco segmentos angulares, articulados e acionados por cilindros hidráulicos. Na lança 2, há uma área de detecção superior 3 e uma área de detecção inferior 4,
15 portanto, a lança metálica 2 vai ser referida, deste ponto em diante, como lança de detecção.

Em uma unidade móvel, que vai ser referida deste ponto em diante, o robô da fonte 5, há uma fonte de radiação 6.

20 O robô da fonte 5 é conectado a um subsistema de sincronização de posicionamento 7, que sincroniza a posição do robô da fonte 5 com o chassi autônomo 1, em que o subsistema 7 tem elementos de referência no chassi autônomo 1 e no solo.

25 No chassi autônomo 1, uma caixa de engrenagens, para o subsistema de acionamento combinado 8, é montada, na qual um subsistema de movimento hidráulico 9 é montado, para movimento do chassi autônomo 1 com baixa velocidade, controlado eletronicamente, durante a varredura. Para manter
30 o movimento em linha reta do chassi autônomo, o sistema de inspeção não intrusivo tem um subsistema para o controle automático de velocidade e direção 10.

Um subsistema para aquisição, processamento,

armazenamento e exibição de diagrama de imagem varrida 11 recebe sinais e dados das áreas de detecção de radiação, montadas na lança de detecção 2, digitaliza os dados e transmite os mesmos, pelo modem de rádio, a um centro de controle móvel, no qual uma imagem radiográfica do objeto varrido é criada. Essa imagem é analisada pelo operador e armazenada eletronicamente.

Em virtude do fato que na área de varredura uma proteção radiológica contra irradiação acidental deve ser garantida, um subsistema de proteção de área de exclusão, que estabelece uma área de exclusão retangular a, e é conectada com um subsistema de gerenciamento de tráfego automático 14, que administra os periféricos para o controle de acesso nas áreas de varredura e limítrofes, dos veículos que vão ser varridos. Os periféricos incluem uma barreira de entrada 15, uma barreira de saída 16, um sinal de entrada 17 e um sinal de saída 18.

Um subsistema de gerenciamento por computador 19 comanda e controla à distância todos os subsistemas de todo o conjunto: a direção, a rotação do motor e a posição do chassi autônomo 1 na área de exclusão a do robô da fonte 5, e todos as outras partes periféricas conectadas ao sistema, de acordo com a invenção, comunicando-se com todos os outros em uma LAN sem fio.

Todos os componentes físicos do subsistema de gerenciamento por computador 19 e a coluna do operador são instalados no centro de controle móvel 12, que é rebocado durante o transporte pelo chassi autônomo, e é colocado fora da área de exclusão a, no modo de varredura.

Em uma primeira variante de implementação (Figura 2), dentro da área de exclusão a, na direção da varredura, algumas rotas guias 20 e 21, para controlar o movimento do chassi autônomo e do robô da fonte 5, são instaladas.

Em outra variante de implementação (Figura 3), o subsistema para o controle automático de velocidade e direção 10 pode ser equipado com algum sensor de laser de feixe rotativo 22, uma rede fixa de refletores de laser 23, 5 estabelecida na área de exclusão a, e um aplicativo de software para processamento de dados, computação dos parâmetros de orientação e posição e executar ações corretivas para direção e velocidade.

O sistema de inspeção, de acordo com a invenção, 10 montado no chassi autônomo 1, tem dois tipos de modos físicos, "modo de varredura" e "modo de transporte". A transição de um modo para outro é feita por meio da operação de alguns cilindros hidráulicos, o que vai reconfigurar as posições dos componentes.

15 No "modo de transporte", a lança de detecção 2 é dobrada ao longo do chassi autônomo 1, para garantir a dimensão global legal para transporte em vias públicas e uma boa distribuição do peso nos eixos. O robô da fonte 5 e os componentes do subsistema de gerenciamento de tráfego 20 automático 14 são elevados na plataforma do chassi autônomo 1, especialmente em recipientes especiais, e as suas mecânicas garantidas. O centro de controle móvel 12 é rebocado pelo chassi autônomo 1, e a caixa de engrenagens para o subsistema de acionamento combinado 8 é comutado para 25 a posição de transporte, com a conexão do eixo direto entre uma caixa de engrenagens 24 e um eixo do motor 25.

No "modo de varredura", a lança de detecção 2 é estendida lateralmente, para a direita, quase que perpendicular ao eixo do chassi autônomo 1, e o robô da fonte 30 5 é colocado lateralmente à direita, paralelo com o eixo longitudinal do chassi autônomo 1. As barreiras 15, 16 e os sinais 17, 18 são colocados nos pontos de entrada e saída da área de exclusão a, e o centro de controle móvel 12 é

colocado próximo à entrada nessa área. A caixa de engrenagens para o subsistema de acionamento combinado 8 é comutado para o "modo de varredura", o que significa que o eixo de saída da caixa de engrenagens 24 está movimentando uma bomba 5 hidráulica 26, unida com um motor hidráulico 27, que é conectado direta e mecanicamente com o eixo do motor 25.

O chassi autônomo 1 deve ser um chassi homologado, de acordo com os padrões internacionais, para permitir o transporte em vias públicas, sem precisar de uma autorização 10 de transporte especial. O chassi autônomo 1 tem um chassi suplementar 28, feito de aço, no qual todos os componentes da unidade de varredura móvel são unidos, respectivamente, às duas áreas 3 e 4 da lança de detecção 2, as partes encerradas do sistema hidráulico, tais como o tanque de óleo, os 15 distribuidores, os circuitos de ajuste e segurança, o recipiente de transporte do robô da fonte, os armários com os circuitos elétricos e eletrônicos, os gabinetes nos quais as barreiras, sinais e elementos de guia são transportados, e o gerador. Alguns desses conjuntos não são ilustrados, pois são 20 componentes bem conhecidos e não reivindicados.

A lança de detecção 2 é feita de suporte de aço 29, que pode pivotar em um eixo, em um mancal 30 solidário com o chassi suplementar 28. Nesse suporte 29, a parte superior da lança de detecção 2 é montada, em uma junta oscilante, feita 25 de uma estrutura de liga leve, em forma de T, de cinco segmentos.

A solução construtiva preferida é o uso de uma lança de detecção 2 feita de cinco segmentos. O segmento vertical é construído em duas partes: a área de detecção 30 inferior 4, montada independentemente, lateralmente à direita, no chassi suplementar 28, em uma posição oscilante em um parafuso perpendicular no eixo longitudinal do chassi, e a área de detecção superior 3, montada no suporte de aço

pivotante 29. A estrutura do comprimento da lança de detecção 2 é feita de folha de liga leve, montada em forma de "T".

Dependendo da fonte de radiação selecionada, o sistema, de acordo com a invenção, vai incluir as áreas de
5 detecção 3 e 4, para transformar a radiação recebida em sinais elétricos, ao quais são posteriormente processados e transformados em imagens radiográficas do objeto varrido. Para uma fonte de raios-X, serão utilizados detectores híbridos com cristais e fotodiodos de cintilação, ou
10 detectores monolíticos, com circuitos de carga unidos. Para uma fonte de radiação gama, serão utilizados detectores híbridos com cristais de cintilação unidos com tubos fotomultiplicadores. Para uma fonte de nêutrons, serão
15 utilizados detectores híbridos contendo cristais de cintilação, com uma resposta muito rápida e grande eficiência, unidos com tubos fotomultiplicadores.

Todos os sistemas de detecção híbridos utilizam fotodiodos ou tubos fotomultiplicadores, que têm sensibilidade máxima para a faixa visível, na qual os
20 cristais de cintilação têm uma resposta máxima para o tipo de radiação utilizada.

A colocação dos detectores pode ser feita, dependendo da combinação fonte - detector e da variante construtiva dos detectores, em uma linha de duas ou em
25 matrizes de diferentes formas.

O robô da fonte 5 é constituído de um veículo especialmente construído para essa aplicação, comando autônoma e remotamente, que tem o papel de conduzir a fonte de radiação 6, com velocidade baixa e constante, sincronizado
30 eletronicamente com o movimento do chassi autônomo 1, em uma trajetória paralela.

A propulsão do robô 5 é elétrica e a sua autonomia é garantida por baterias e um gerador elétrico, elementos que

não são mostrados. A velocidade e a direção de movimento do robô 5 são ajustadas por sistemas auto-assistidos por microcontroladores, que se comunicam sem fio com o centro de controle 12 e o chassi autônomo 1. O posicionamento relativo entre o robô da fonte 5 e o chassi autônomo 1 é garantido pelo subsistema de sincronização de posicionamento 7, tendo como referência os pontos fixados nos elementos no chassi autônomo 1.

A fonte de radiação 6 é fixada no chassi desse miniveículo, que é o robô 5, de um maneira tal que uma cortina de radiação b seja colimada nas áreas de detecção 3 e 4.

No modo de "transporte", o robô da fonte 5 é chumbado na plataforma do chassi 1, em um recipiente feito especialmente, de acordo com os padrões de segurança radiológica. O acesso na plataforma do chassi 1 é garantido por uma plataforma de elevação hidráulica, que não é mostrada, a qual também garante o travamento seguro do recipiente de transporte. Os controles para a direção e a velocidade de movimento estão disponíveis no nível do robô 5, para o seu manuseio durante os movimentos independentes, tais como a subida no chassi autônomo 1, ou posicionamento inicial na área de varredura.

O subsistema de sincronização de posicionamento 7 é utilizado para a sincronização da velocidade e da posição do robô da fonte 5 com o chassi 1. O subsistema 7 é feito de um módulo de hardware e software M1r, colocado no robô da fonte 5, o outro módulo de hardware e software M1s, colocado no chassi 1; e os módulos trocam dados relativos à velocidade e à posição na pista de varredura. Além desses módulos M1r e M1s, há outros dois módulos de hardware e software M2r e M2s, os quais ficam monitorando permanentemente a posição de ambos o chassi autônomo 1 e o robô da fonte 5, e envia comandos aos

mesmos.

O subsistema de sincronização de posicionamento (Figura 12) funciona do seguinte modo: os módulos M2r e M2s ficam recuperando os dados relativos à sua posição na pista de varredura, por meio da análise digital de uma imagem de vídeo mostrando uma rota guia 20 e 21, ou de um sensor de laser de feixe rotativo 22, que reflete sucessivamente na rede fixa dos refletores de laser 23, colocados na área de exclusão a, de acordo com a Figura 3. Em cada atualização de posição no perímetro, os módulos M2r e M2s oferecem a posição de cada unidade móvel para os módulos M1r e M1s. Entre os módulos M1r e M1s, há uma conexão permanente, através da qual as informações sobre a posição das unidades móveis são transmitidas. Dependendo das informações recebidas, os módulos M1r e M1s decidem sincronizar o movimento do robô da fonte 5 com os parâmetros dinâmicos do chassi autônomo 1, sendo que essa decisão é transmitida como um comando de execução para o subsistema, para o controle automático de velocidade e direção 10.

A fonte de radiação 6, utilizada no sistema de inspeção não intrusivo de acordo com a invenção, pode ser feita de material radioativo encapsulado duplo, gerador de raio-X ou acelerador linear para raios gama ou nêutrons.

Em uma variante de implementação, a fonte de radiação é feita de material radioativo encapsulado duplo, por exemplo, Co60. A seleção do material radioativo - no caso do Co60, a energia é de 1,3 MeV, e a atividade da fonte de 1 Currie - é feita dependendo da penetração e das dimensões da área de exclusão a disponível desejadas. A cápsula contendo o material radioativo é circundada por uma tela espessa, que absorve a radiação, quando a fonte não está ativada.

O dimensionamento da tela é feito de acordo com os padrões internacionais, e nessa tela é feito um corte em

forma de leque, com uma abertura angular de 80 graus, para colimar uma cortina de radiação b, a uma largura de aproximadamente 18 cm nas áreas de detecção 3 e 4, em que a fonte de radiação 6 foi colocada a uma distância de cinco metros da lança de detecção 2. A ativação da fonte 6 vai ser feita por um sistema atuador pneumático ou elétrico.

O sistema utilizado deve garantir a retirada automática da cápsula radioativa, para interromper a radiação, se o atuador ficar defeituoso. A ativação da fonte 6 é sinalizada acústica e opticamente, para avisar o operador e qualquer outro da presença de radiação na área de exclusão a.

O acelerador de nêutrons gera pulsos de nêutrons rápidos. Dependendo da resposta dos detectores, o número atômico das substâncias presentes no objeto varrido pode ser determinado.

O subsistema de propulsão hidráulico 9 permite que o chassi 1 se movimente com uma velocidade baixa e constante, entre 0,15 - 0,85 m/s. O subsistema 9 utiliza a caixa de engrenagens para o subsistema de acionamento combinado 8, montado no chassi 1, entre o eixo do acionador 31 da caixa de engrenagens 24 e o eixo de acionamento 32 do eixo do motor 25. Essa caixa de engrenagens 8 propicia a comutação da saída de energia mecânica do eixo de acionamento 31 da caixa de engrenagens 24, diretamente no eixo do motor 25, no "modo de transporte", ou para a bomba hidráulica 26, no "modo de varredura".

No "modo de transporte", o eixo de acionamento 31 da caixa de engrenagens 24 é conectado direta e mecanicamente em uma relação 1:1, pelo eixo de acionamento 32, ao eixo do motor 25, sem modificar a potência, torque ou velocidade do chassi 1.

No "modo de varredura", o eixo de acionamento 31 da

caixa de engrenagens 24 é conectado mecanicamente, em uma relação predeterminada, com a bomba hidráulica 26. O fluxo da bomba hidráulica é comandado pelo aplicativo de software do operador, por um módulo dedicado não apresentado, e a bomba 5 hidráulica 26 é conectada hidraulicamente, em um circuito fechado, com o motor hidráulico 27, o qual é conectado mecanicamente com o eixo do motor 25.

Pelo comando variável do fluxo da bomba 26, uma variação da velocidade é obtida, até mesmo quando a rotação 10 do eixo de acionamento 31 da caixa de engrenagens 24 ficar constante. A caixa de engrenagens para o subsistema de acionamento combinado 8 tem um sensor de rotação 33, o qual envia impulsos para o aplicativo de software, proporcional à rotação do motor hidráulico 27, de modo que o aplicativo de 15 software pode calcular, precisamente, a velocidade do chassi 1 e, portanto, a distância percorrida em uma tabela de tempos preestabelecidos. Com base no resultado desses cálculos, vão ser aplicadas correções para garantir a uniformidade do movimento.

20 A solução construtiva selecionada propicia comandos de velocidades variáveis, em um amplo espectro (0,15 - 0,85 m/s), a valores de velocidades absolutas muito baixos, impossíveis de atingir mediante o uso de trens de engrenagens de transmissão convencionais, e sem alterar os desempenhos 25 dinâmicos do chassi 1, quando se movimentando no "modo de transporte" nas vias públicas.

O subsistema para o controle automático de velocidade e direção 10, para o robô da fonte 5, é projetado para comandar e controlar a direção e o movimento do robô da 30 fonte 5, sincronizados com a velocidade do chassi 1.

O controle da direção para as duas unidades móveis pode ser mecânico, eletrônico, ou ambos.

A variante de implementação mecânica utiliza

algumas trilhas de guia, feitas de perfis longitudinais montados em prolongamento, que não são mostrados, nos quais as unidades móveis 1 e 5 se movimentam.

O controle eletrônico é executado ao utilizar 5 sensores de laser de feixes rotativos 22, os quais rastreiam a rede de refletores de laser fixos 23, e comanda um servossistema de direção. Essa variante de implementação inclui módulos de hardware e software para processamento e decisão automáticos.

10 O controle misto combina os dois modos descritos acima, e é executado ao utilizar sensores ópticos (a laser), magnéticos ou de vídeo, que rastreiam as rotas guias 20 e 21, nos quais há marcas de guia. Os módulos de hardware e software comandam, automaticamente, um servossistema de 15 direção.

Uma das possíveis variantes de implementação mista do subsistema para o controle automático de velocidade e direção 10 é feita com algumas câmeras de vídeo 34, colocadas nos pára-choques dos veículos nas partes dianteira e 20 traseira, unidades de processamento e aplicativos de software dedicados, fontes de luz para melhorar a visão das rotas guias 20 e 21, e servossistemas de direção. Nas rotas guias, há marcas de guia a distâncias relativamente curtas, abaixo de 1 metro, que servem como marcadores de correção no caso em 25 que haja desvios da velocidade programada.

O subsistema para o controle automático de velocidade e direção, descrito na Figura 9, executa, na primeira etapa, a aquisição de dados de posicionamento e orientação A0, seguida pela interpretação dos dados de 30 orientação A1, geração de comando de direção A2, execução de comando de direção A3, interpretação dos dados de posicionamento A4, geração de comando de velocidade A5, execução de comando de velocidade A6 e realimentação da ação

executada RA.

A aquisição dos dados para posicionamento e orientação A0 tem a finalidade de receber os dados dos módulos de hardware e software M1r e M1s, da câmera de vídeo
5 34 ou de um subsistema de posicionamento, produzido por dois sensores de laser de feixes rotativos 22, e uma rede fixa de refletores de laser 23, colocada na área de exclusão a. Os dados recebidos são divididos na sua ordem de relevância para os dados de orientação e os dados de velocidade.

10 Através da interpretação dos dados de orientação A1 recebidos, possíveis desvios da trajetória programada são registrados. Com base nas informações sobre o desvio da trajetória normal, um comando de direção A2 é gerado, o qual vai operar o eixo de esterçamento, pelo servossistema que vai
15 executar o comando de direção A3. O processo recebe realimentação da ação executada, e então, após cada comando, analisa o impacto nos parâmetros de orientação, as informações RA.

Através da interpretação dos dados de
20 posicionamento A4 recebidos, os desvios da posição correta são detectados, bem como as sincronizações das duas unidades móveis. Dependendo dos desvios de posição registrados, um comando de velocidade vai ser gerado, o qual vai ser transmitido para o subsistema de sincronização 7, no chassi
25 autônomo 1 ou no sistema de tração elétrica do robô da fonte 5.

O modo operacional do subsistema para o controle automático de velocidade e direção 10, na variante de implementação de operação guiada por laser, vai ser: durante
30 o movimento dos sensores de laser de feixes rotativos 22, colocados no chassi autônomo 1 e no robô da fonte 5, eles emitem um feixe de laser, o qual vai ser refletido sucessivamente pela rede fixa de refletores de laser 23. O

aplicativo de software dedicado, descrito na Figura 9, analisa as informações recebidas, toma a decisão de comandar o servomecanismo de direção, para eliminar o desvio, se for o caso, e se o erro for na sincronização entre a velocidade do robô da fonte e o chassi, que não está dentro de limites preestabelecidos, envia uma correção de comando para o subsistema para o controle automático de velocidade e direção

5
10.

O subsistema para aquisição, processamento, armazenamento e exibição de imagem varrida 11 é composto de uma série de equipamento de hardware e aplicativos de software, de acordo com o diagrama da Figura 12, e é projetado para coletar, processar, analisar e interpretar os sinais de radiação dos detectores, para gerar uma radiografia

15 do objeto varrido.

O subsistema 11 tem n grupos, todos os 16 detectores de radiação $GD_1 \dots GD_n$, em que cada grupo é conectado a um módulo eletrônico, que inclui um pré-amplificador com 16 canais paralelos $PA_1 \dots PA_n$, cujos

20 sinais são multiplexados em um dos multiplexadores $M_1 \dots M_n$, e depois convertidos de analógicos em digitais em um dos conversores $CA/D_1 \dots CA/D_n$, e por um dos microcontroladores $MC_1 \dots MC_2$ e um dos módulos $CAN_1 \dots CAN_n$, o sinal passa por um CAN-BUS para uma unidade de processamento UPd, executando

25 um aplicativo de software dedicado Sd. Por uma interface CAN_i , as informações são transmitidas, por uma LAN sem fio, a uma unidade de processamento UPa, executando um aplicativo de software Sa, que exibe a radiografia em um monitor Mon.

Na estrutura da lança de detecção 2, alguns módulos eletrônicos são montados, cada um deles comandando grupos de dezesseis detetores cada um, sendo que o número de módulos utilizado é determinado pelo comprimento da lança de detecção

30 2.

A lança de detecção 2 é conectada a uma unidade de processamento de dados, conectada com a interface CANi. O aplicativo de software dedicado Sd, executando na unidade UPd, recebe os dados da interface CANi e envia os mesmos por
5 um modem de rádio para o centro de controle móvel 12, no qual eles são interpretados para criar uma radiografia do objeto varrido. Essa imagem é exibida no monitor Mon, e um outro aplicativo permite que o operador aplique diferentes filtros de softwares proprietários na imagem, para otimizar alguns
10 parâmetros da mesma.

A LAN sem fio é utilizada para conectar as unidades de processamento de dados Upa e Upd.

O subsistema de proteção da área de exclusão 13 é um subsistema de proteção radiológica ativo, que opera
15 diretamente na fonte 6, para desligar a mesma automaticamente no caso no qual a área de exclusão a tiver sido violada. Os sensores ativos do subsistema de proteção da área de exclusão 13 são colocados em grupos de dois, nas extremidades de uma diagonal da área de exclusão a e angulados 90 graus entre si,
20 criando uma barreira virtual de dois metros de altura e 90 metros de comprimento, o suficiente para limitar uma superfície retangular de no máximo 40 m x 40 m. Esses sensores são ligados permanentemente por rádio com o centro de controle 12, no qual enviam um sinal de alarme, no caso de
25 violação da barreira de infravermelho. Esse sinal desliga automaticamente a fonte 6 e ativa uma mensagem de texto, vocal e gráfica na interface gráfica do aplicativo de software do operador, indicando o lado violado. O subsistema é projetado para funcionar em condições climáticas difíceis,
30 tais como chuva, vento, poeira, temperaturas extremas, etc.

O subsistema para proteção da área de exclusão é desativado, para permitir a entrada / saída na / da área de exclusão a, sincronizado com os tempos operacionais das

barreiras 15 e 16. Quando o motorista do veículo inspecionado deixa a área, o subsistema é reativado.

O subsistema de gerenciamento de tráfego automático 14 controla as barreiras 15 e 16 e as luzes de tráfego 17 e 18, colocadas nas entrada e saída na pista de varredura, para controlar o acesso dos veículos que são inspecionados. Esse subsistema 14 é controlado automaticamente pelo aplicativo de software do operador. Na interface gráfica do operador, informações de estado ao vivo são exibidas em tempo real, tais como barreira levantada, barreira abaixada, barreira subindo, barreira descendo, mau funcionamento, luz vermelha acesa, luz verde acesa, lâmpada vermelha defeituosa e lâmpada verde defeituosa. Os comandos e estados são enviados por algumas interfaces e modems de rádio correspondentes.

O centro de controle móvel 12 controla todos os componentes do sistema de inspeção móvel, assegurando a automação do processo. Para um gerenciamento controlado e uma evidência exata, todos os comandos e realimentações, estados e interações humanas são gravados em uma "caixa preta". A comunicação com as unidades móveis 1 e 5 é feita por alguns modems de rádio de alta velocidade, como suporte de hardware para comunicação de dados e estado.

No "modo de varredura", o centro de controle móvel 12 é colocado fora da área de exclusão a, próximo ao ponto de entrada. Em uma variante de implementação, o centro 12 pode ser um furgão com dois compartimentos, um compartimento de escritório e um compartimento de cama, para proporcionar ao operador ótimas condições de trabalho e de descanso, no caso de deslocamentos razoáveis, para realizar inspeções em diferentes locais. Essa configuração é a preferida, considerando a possibilidade de que o pessoal pode receber missões de longo prazo e distância, e a independência com as condições de acomodação contribui para a eficiência e a

otimização.

O furgão, no qual está alojado o centro de controle móvel 12, é equipado com um gerador elétrico e um equipamento de climatização, o que permite que ele seja eletricamente
5 independente e funcione dentro de limites normais, até mesmo com mau tempo. No "modo de transporte", esse furgão é rebocado pelo chassi 1, formando conjuntamente o sistema de inspeção não intrusivo móvel.

A remoção do centro de controle móvel 12 para fora
10 da área de exclusão a, bem como a eliminação da necessidade para um motorista durante a varredura, elimina todos os riscos de exposição a radiação e possibilita a diminuição do pessoal de operação do mínimo de três por turno, necessários para quaisquer dos sistemas similares existentes, para apenas
15 uma pessoa por turno.

REIVINDICAÇÕES

1. MÉTODO DE INSPEÇÃO NÃO INTRUSIVO, para a varredura de veículos utilizando radiações, caracterizado pelo fato de que consiste nos seguintes estágios:

- 5 - o veículo é colocado em um ponto marcado, tendo acesso à área de exclusão por um subsistema de gerenciamento de tráfego automático, que comanda automaticamente o funcionamento das barreiras e dos sinais de entrada e saída;
- a proteção da área de exclusão é ativada, após o
10 motorista do veículo, que vai ser varrido, deixar a área de exclusão;
- o processo de varredura é iniciado por comandos remotos para a unidade de varredura móvel e o robô condutor da fonte;
- 15 - a fonte de radiação é ativada;
- o movimento lento e constante das duas unidades móveis é iniciado, sendo que essas unidades se movimentam retilínea e uniformemente em trajetórias paralelas, enquadrando o veículo varrido, com o robô da fonte se
20 movimentando sincronizado com a unidade de varredura móvel;
- o movimento das unidades móveis é controlado automaticamente por módulos eletrônicos e de informática, conectados com o centro de controle em uma rede de área local, por modems de rádio, de cujo centro recebem comandos,
25 e para o qual eles que enviam em tempo real as informações de estado e os dados dedicados;
- a interrupção da varredura é feita automaticamente nas seguintes situações: quando a lança de detecção tiver passado da extremidade do veículo varrido, e
30 os detectores receberem o nível máximo de radiação, ao final do comprimento de varredura programado; quando o limitador de proteção do movimento for disparado; quando a proteção da área de exclusão tiver sido violada; quando o sensor de

proximidade tiver sido disparado, indicando uma distância perigosa entre a lança de detecção e o veículo varrido; e quando obstáculos próximos às rotas guias tiverem sido automaticamente detectados pelos sensores colocados nas
5 unidades móveis;

- a imagem resultante da varredura do veículo é exibida no monitor do operador;

- ao final do estágio, a proteção da área de exclusão é desativada automaticamente, e o veículo pode
10 deixar a área de varredura; e

- as duas unidades móveis se movimentam de volta para a posição de partida, e o ciclo de varredura pode ser reiniciado.

2. SISTEMA DE INSPEÇÃO NÃO INTRUSIVO, que
15 implementa o método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de incluir: uma unidade de varredura móvel, instalada em um chassi de caminhão (1), que contém algumas áreas de detecção (3 e 4) específicas ao tipo de radiação utilizada (6), um portador de robô de fonte (5) de
20 uma fonte de radiação (6), sendo que ambas as unidades são autônomas (1 e 5) e têm subsistemas com realimentação para o controle automático de velocidade e direção (10), um subsistema de sincronização de posição (7) e um subsistema de propulsão hidráulico (9), para executar um movimento lento
25 retilíneo e uniforme da unidade de varredura, e um centro de controle móvel (12), o qual é colocado fora da área de varredura (a) e que controla remotamente todos os processos, incluindo um subsistema para aquisição, processamento, armazenamento e exibição de imagem varrida (11), e o sistema
30 também inclui um subsistema de proteção de área de exclusão (13), um subsistema de gerenciamento de tráfego automático (14) e um subsistema de controle computadorizado (19).

3. SISTEMA DE INSPEÇÃO NÃO INTRUSIVO, de acordo

com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que a unidade de varredura móvel tem uma lança de detecção (2), constituída da área de detecção superior (3) e da área de detecção inferior (4), sendo que esta é montada
5 independentemente, lateralmente à direita, no chassi suplementar (28), em uma posição oscilante em um parafuso perpendicular no eixo longitudinal do chassi e área de detecção superior (3), montada em um suporte de aço (29), que pode pivotar em um mancal (30), solidário com o chassi
10 suplementar (28), em que as duas áreas de detecção (3 e 4) têm sistemas de dobramento separados, mas funcionalidade unitária, durante os procedimentos de varredura.

4. SISTEMA DE INSPEÇÃO NÃO INTRUSIVO, de acordo com a reivindicação 3, caracterizado pelo fato de que a lança
15 de detecção (2) é constituída de cinco segmentos orientados sob diferentes ângulos, e é feita de liga leve montada em forma de "T".

5. SISTEMA DE INSPEÇÃO NÃO INTRUSIVO, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que, em
20 outra variante de implementação, o subsistema para o controle automático de velocidade e direção (10) da unidade móvel tem um motor elétrico, para acionar a coluna de esterçamento, e um módulo de controle e comando automáticos eletrônico, e recebe informações de posição relativas aos dois caminhos de
25 guia (20 e 21), por alguns módulos de hardware e software (M2r e M2s), e processa as mesmas por algum módulo (M1r e M1s) conectado aos servossistemas de execução do chassi (1) e do robô da fonte (5).

6. SISTEMA DE INSPEÇÃO NÃO INTRUSIVO, de acordo
30 com a reivindicação 2 ou 5, caracterizado pelo fato de que, em outra variante de implementação, o subsistema para o controle automático de velocidade e direção (10) recebe informações relativas às posições relativas de alguns

sensores de laser de feixes rotativos (22), refletidos em uma rede fixa de refletores de laser (23), por alguns módulos (M2r e M2s), e processa as mesmas por alguns módulos de hardware e software (M1r e M1s), alimentando a entrada para o
5 subsistema de sincronização de posicionamento (7), conectado aos servossistemas de execução do chassi (1) e do robô da fonte (5).

7. SISTEMA DE INSPEÇÃO NÃO INTRUSIVO, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que o
10 subsistema de transmissão hidráulica (9), que impele o chassi (1) em movimento lento, tem uma caixa de engrenagens mecânica para o subsistema de acionamento combinado (8), com um sensor de revelação (33), uma bomba hidráulica (26) com capacidade de escoamento variável controlada eletronicamente, um motor
15 hidráulico (27), um módulo de comando eletrônico e um aplicativo de software dedicado para o controle de velocidade automático.

8. SISTEMA DE INSPEÇÃO NÃO INTRUSIVO, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que o
20 subsistema de gerenciamento de tráfego automático (14), na área de exclusão (a) e na área limítrofe, tem algumas barreiras (15 e 16) com algumas luzes de tráfego (17 e 18), comandadas sem fio e de maneira direta remotamente por um aplicativo de software dedicado, e o subsistema de proteção
25 da área de exclusão (13) da área de exclusão (a) é constituído de alguns sensores de presença ativos, um módulo de controle do estado dos sensores e uma interrupção automática do módulo radioativo (6), no caso da área de exclusão (a) ser violada.

30 9. SISTEMA DE INSPEÇÃO NÃO INTRUSIVO, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que o subsistema para aquisição, processamento, armazenamento e exibição de imagem varrida é constituído de alguns módulos

eletrônicos, que incluem alguns pré-amplificadores (PA1 ... PAn), alguns multiplexadores (M1 ... Mn), alguns conversores de analógico em digital (CA/D1 ... CA/Dn), alguns microcontroladores (MC1 ... MCn), um barramento de dados
5 (CAN-BUS), alguns módulos (CAN1 .. CANn), uma interface de comunicação (CANi) para uma unidade de processamento (UPd) executando um aplicativo de software dedicado (Sd), conectada em uma LAN sem fio a outra unidade de processamento (UPa), executando outro aplicativo de software (Sa), que exibe a
10 radiografia do veículo varrido em um monitor (Mon).

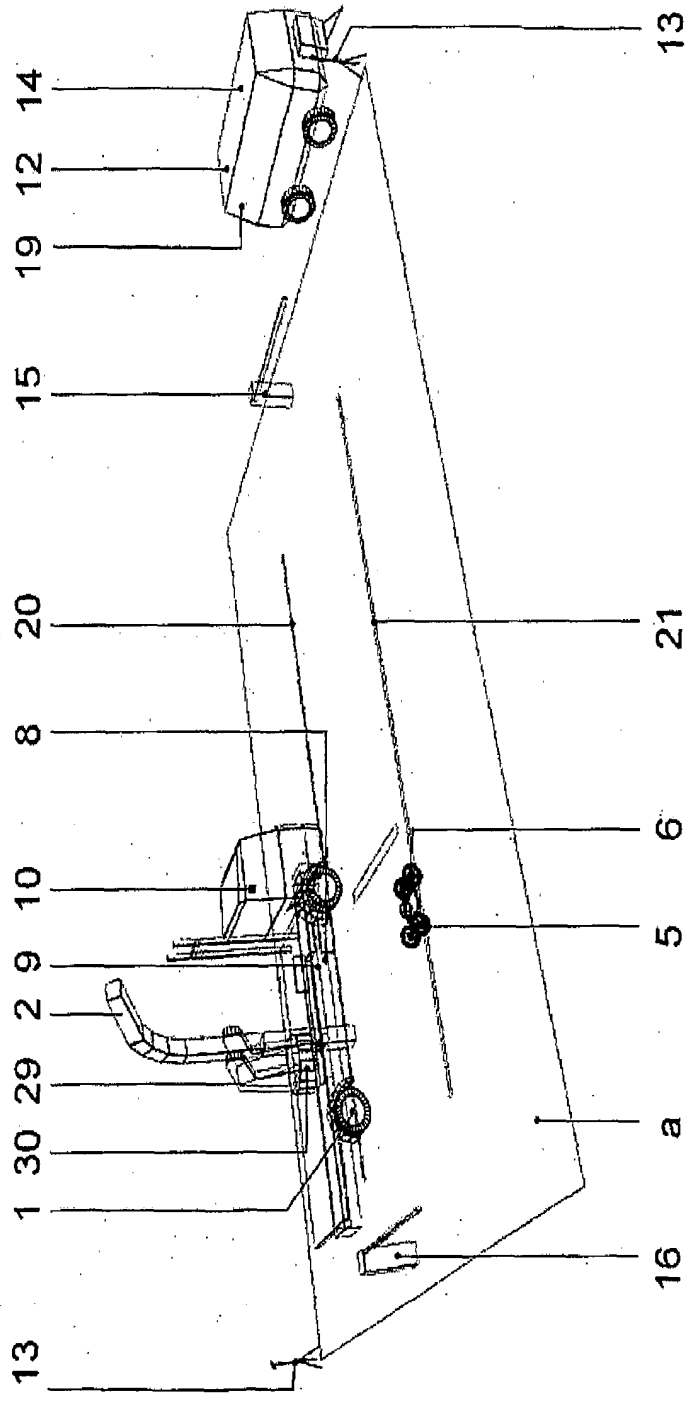


Fig. 1.

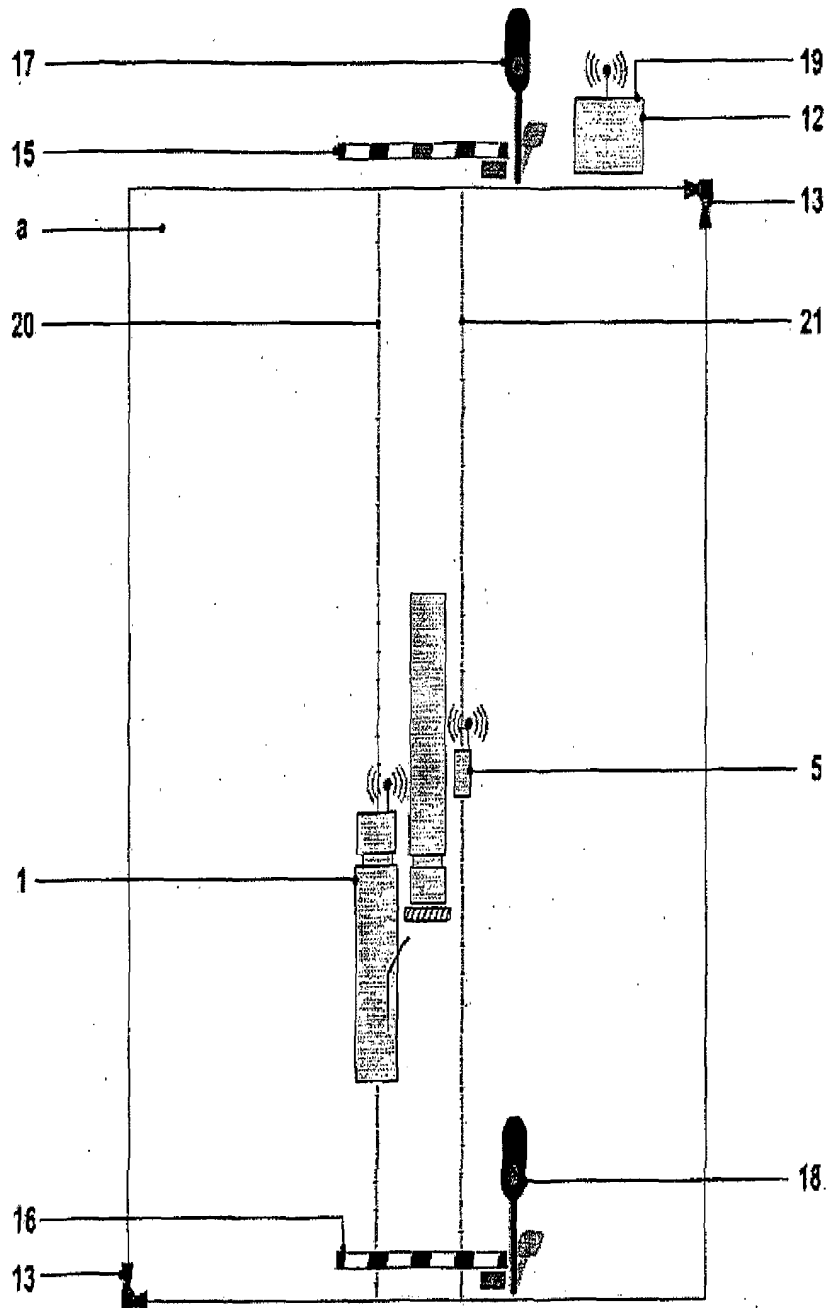


Fig. 2.

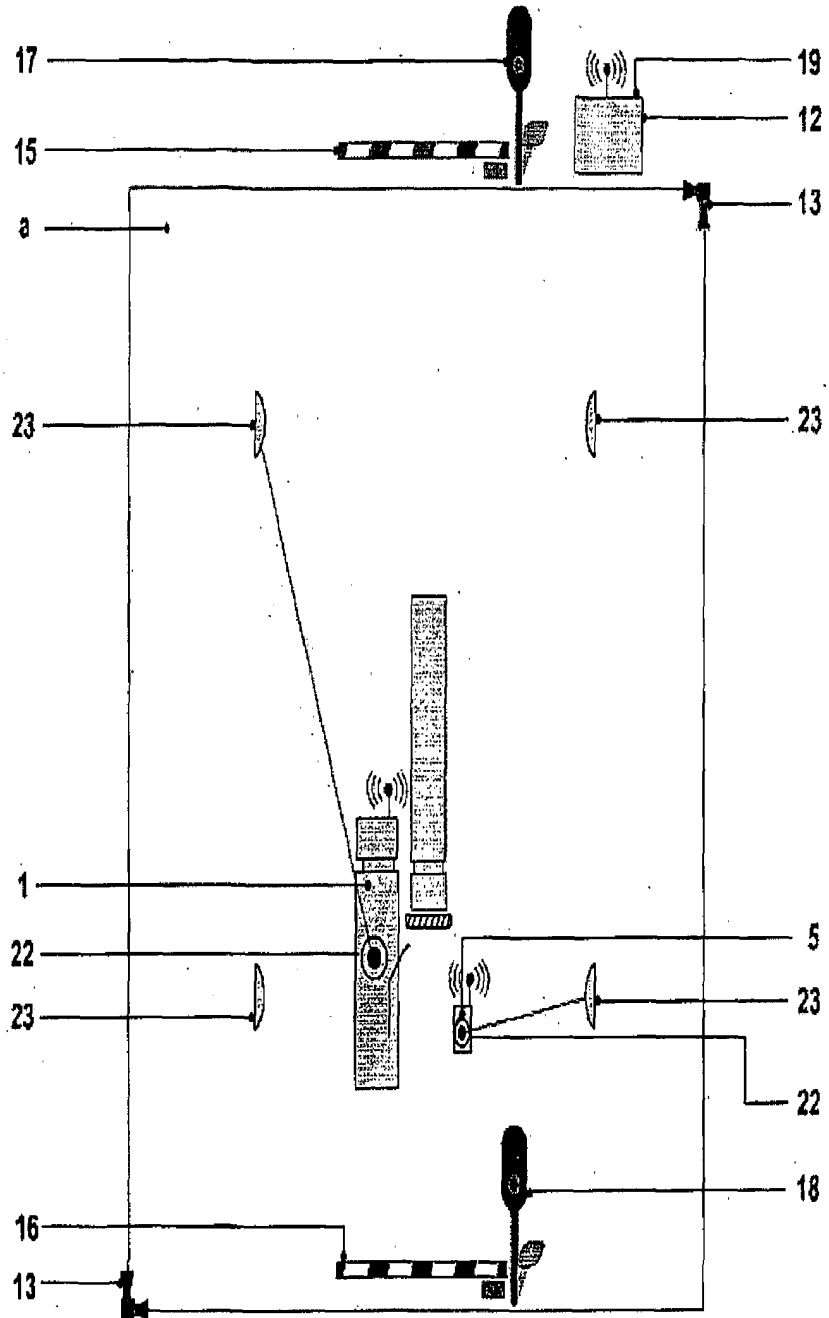


Fig. 3

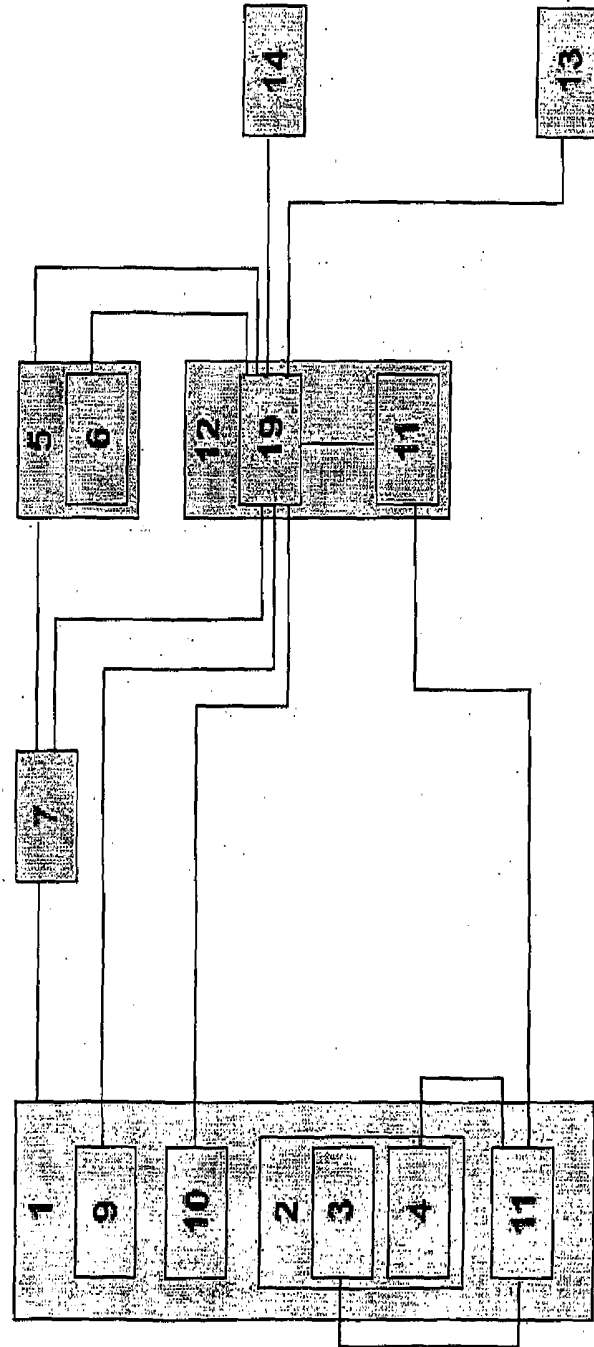


FIG. 4

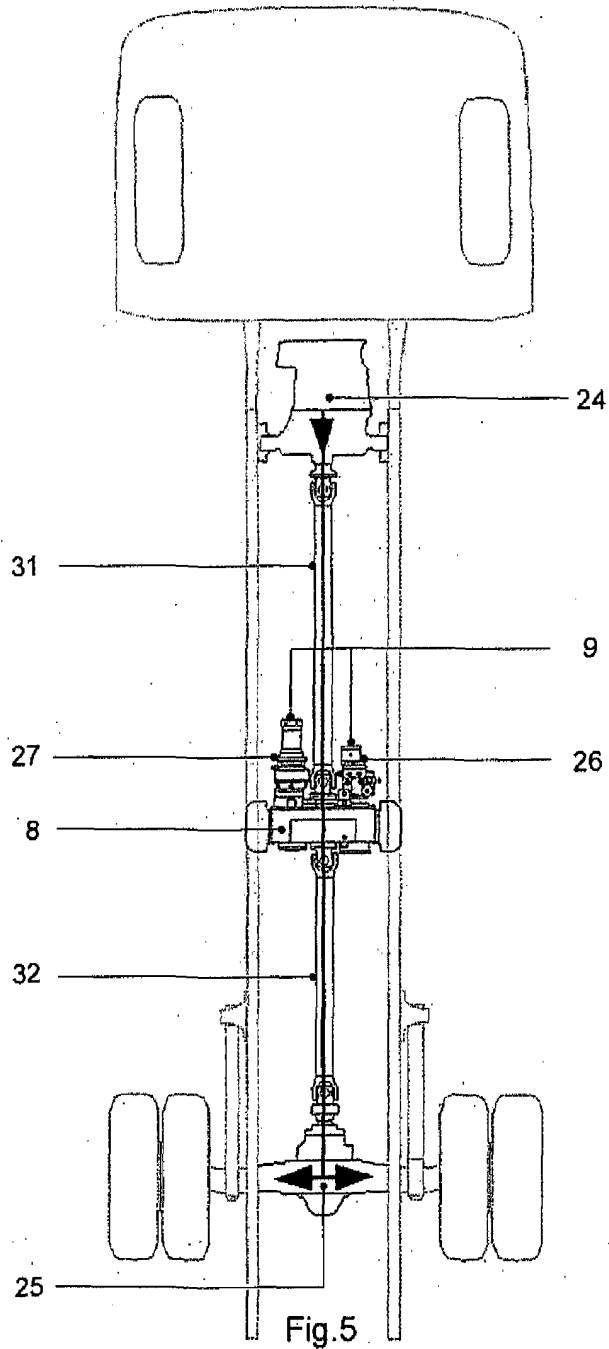


Fig.5

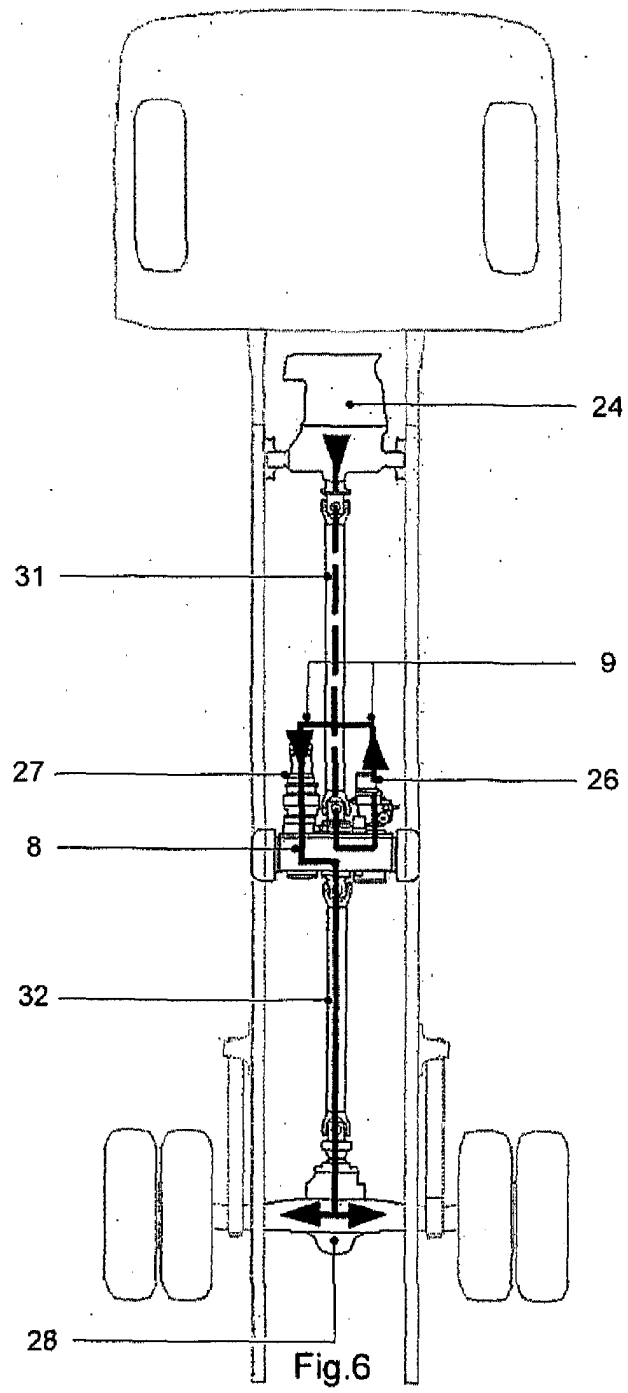


Fig.6

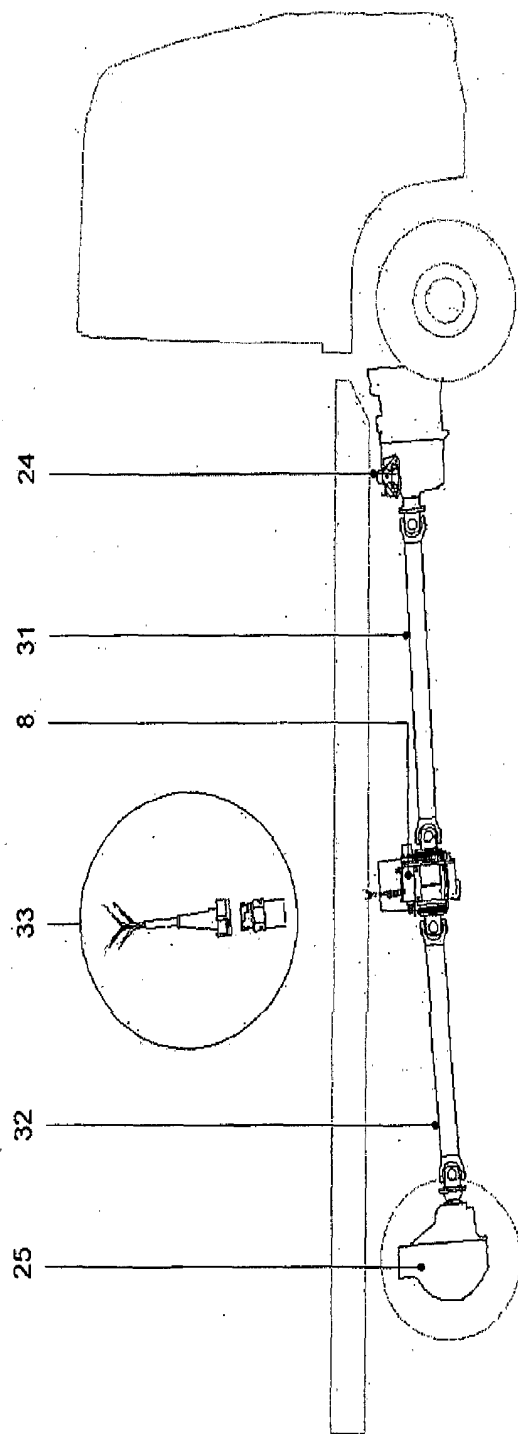


fig.7

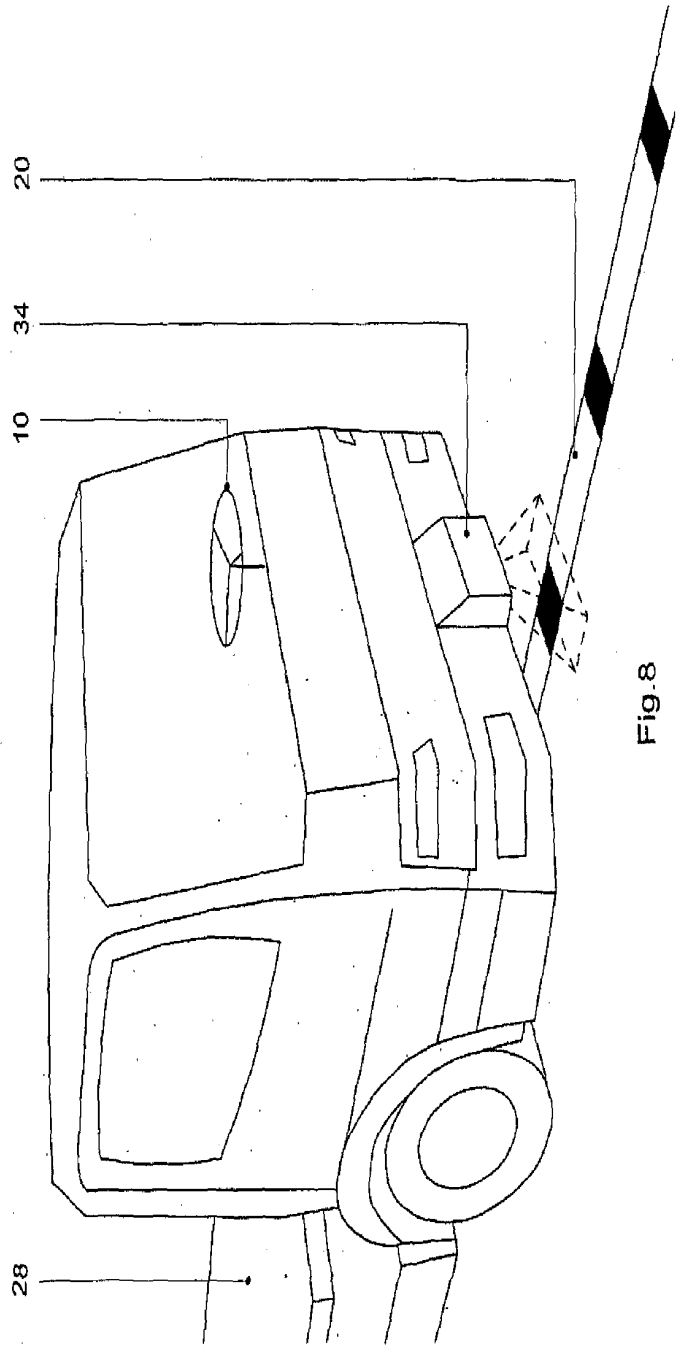


Fig.8

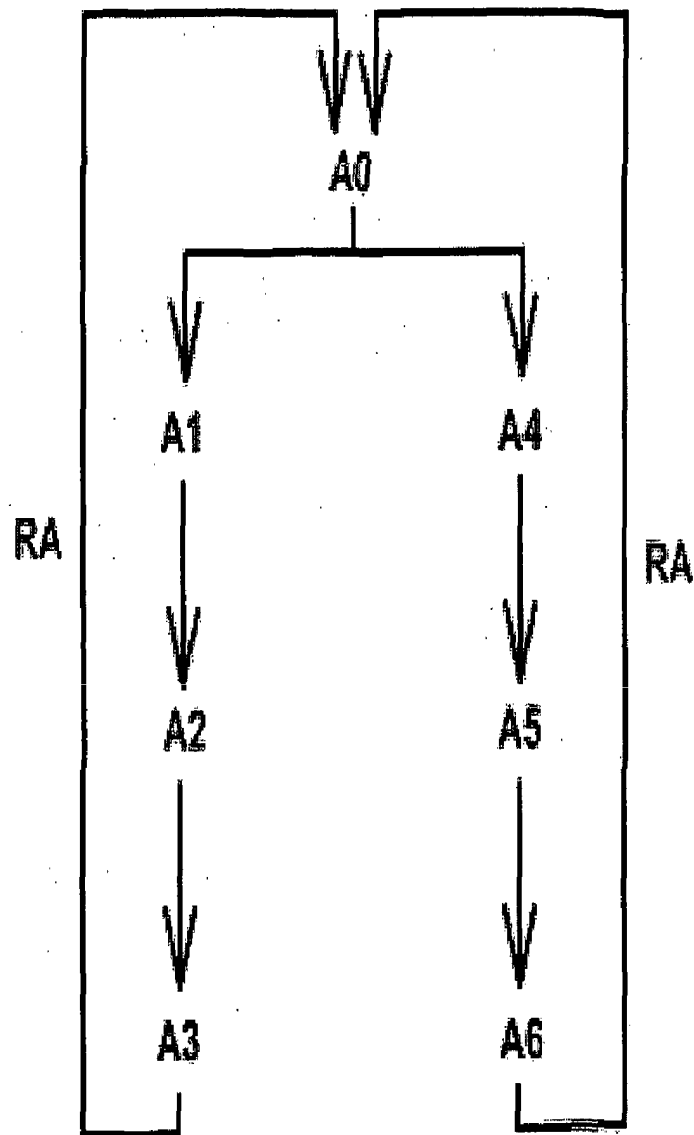


Fig. 9

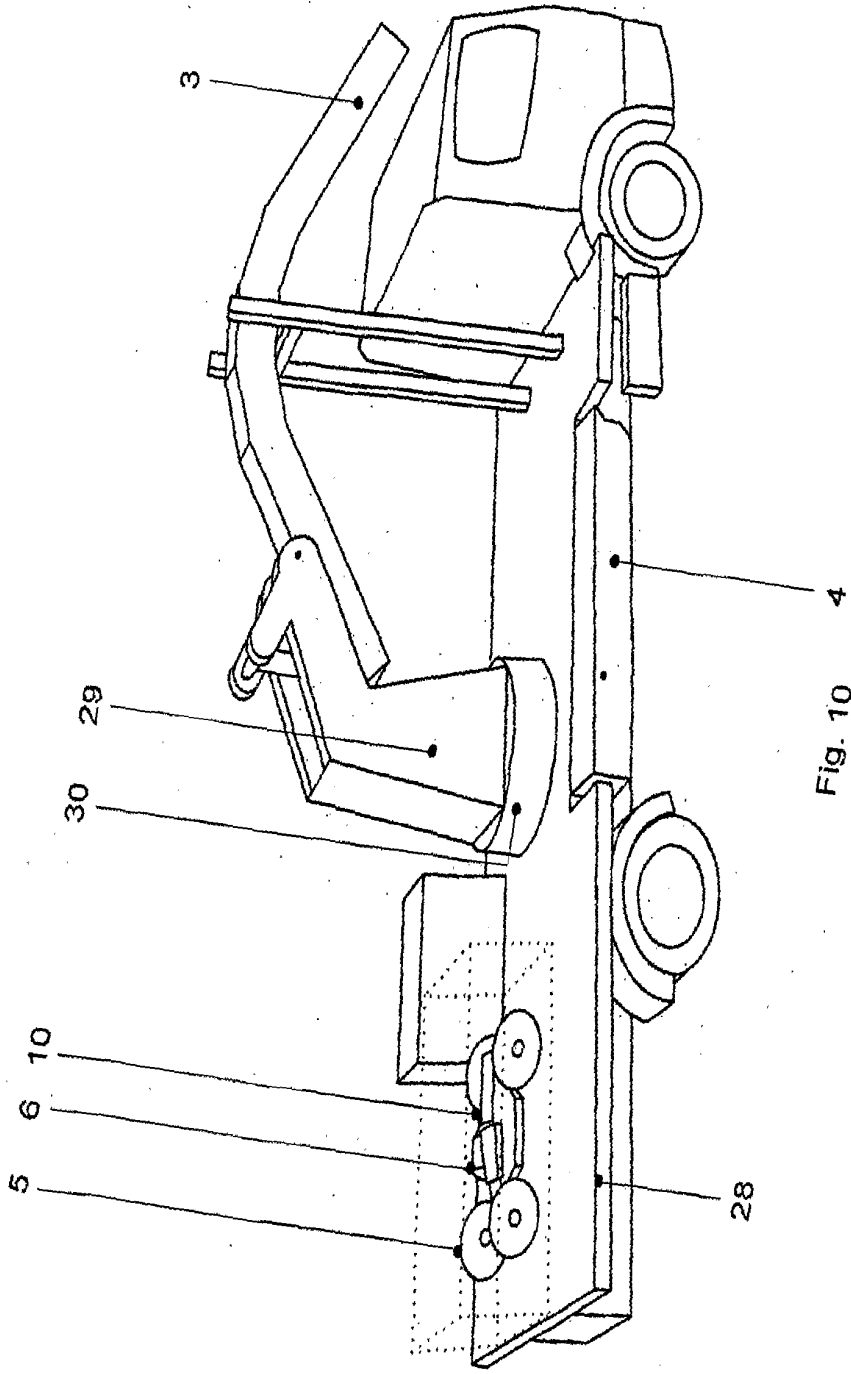


Fig. 10

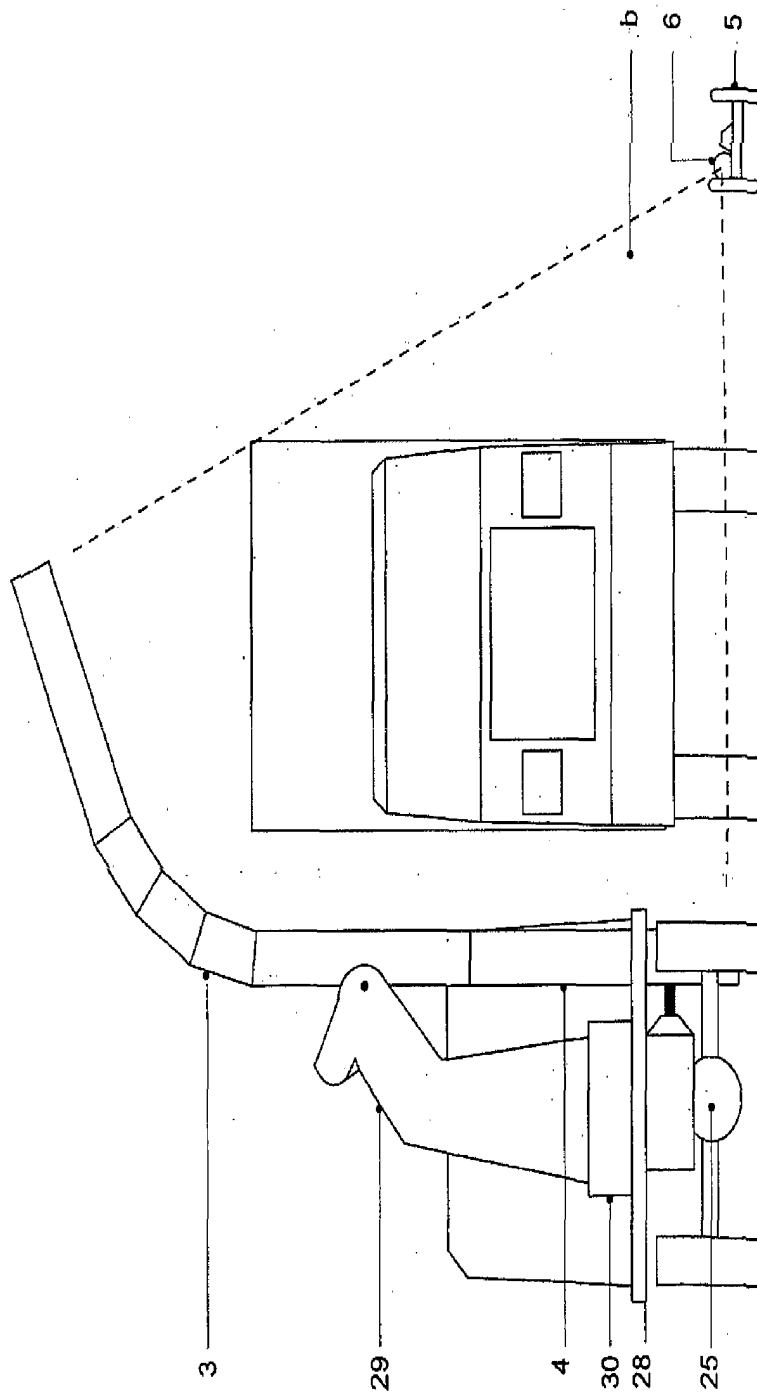


Fig. 11

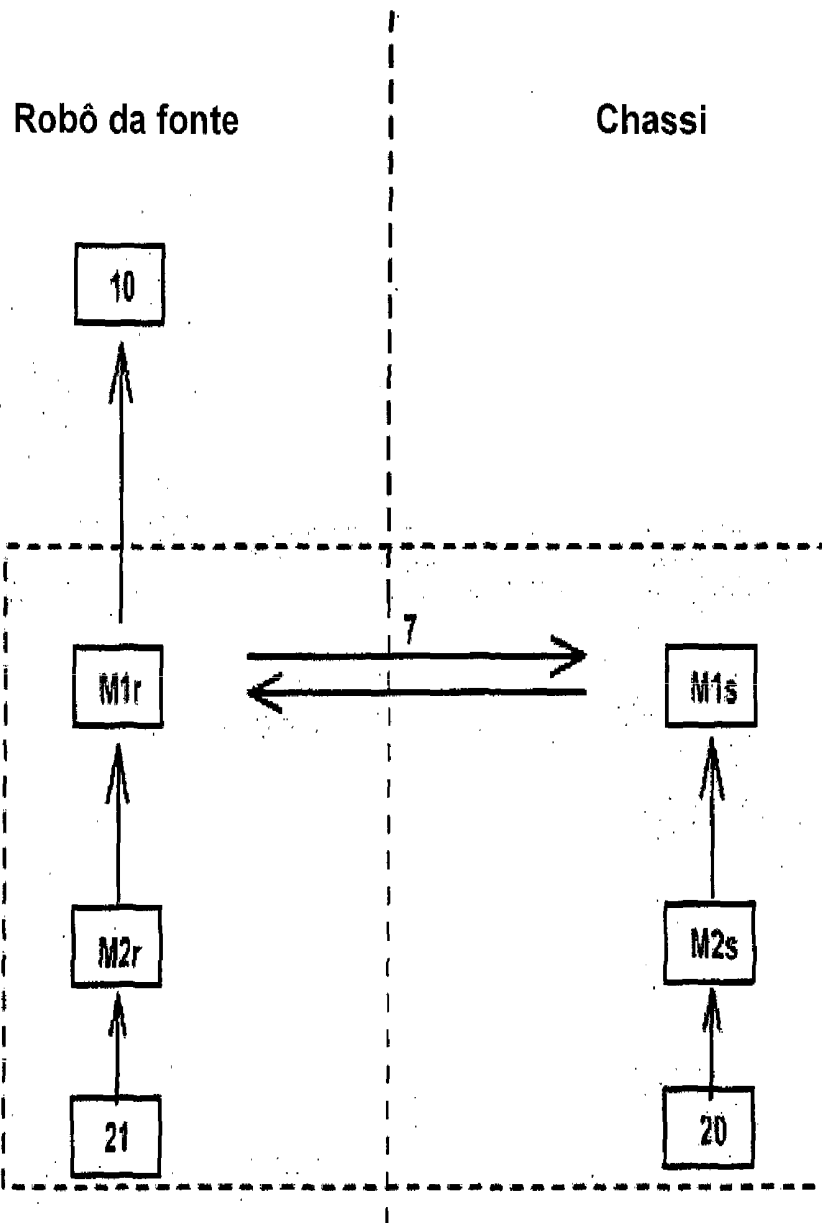


Fig. 12

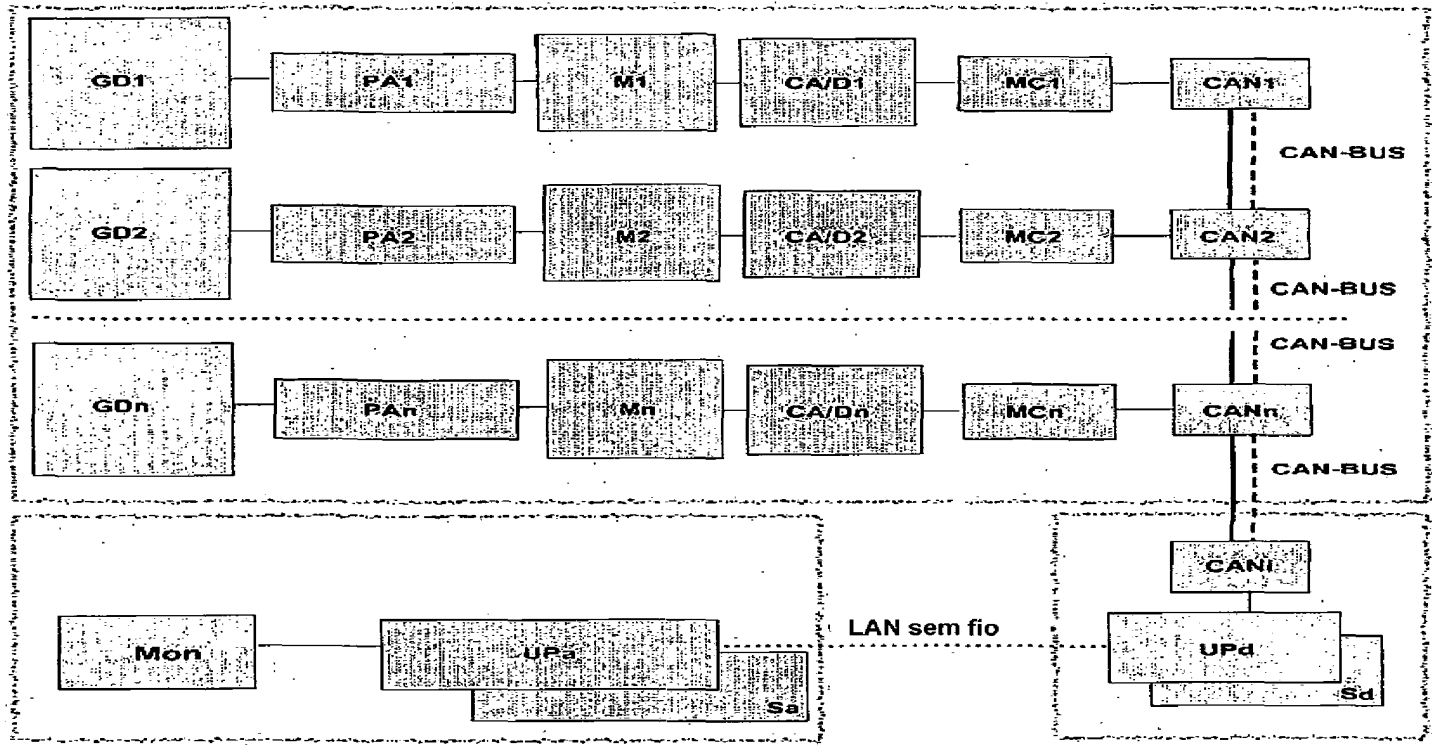


Fig. 13