



MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO
DIREZIONE GENERALE PER LA LOTTA ALLA CONTRAFFAZIONE
UFFICIO ITALIANO BREVETTI E MARCHI

DOMANDA DI INVENZIONE NUMERO	102019000007368
Data Deposito	27/05/2019
Data Pubblicazione	27/11/2020

Classifiche IPC

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
H	04	N	7	18

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
G	08	B	13	196

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
H	04	N	5	232

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
G	01	S	13	88

Titolo

SISTEMA MOBILE A GUIDA AUTONOMA
--

DESCRIZIONE dell'invenzione industriale dal titolo:

“Sistema mobile a guida autonoma”

di: Interactive Fully Electrical Vehicles S.r.l., nazionalità italiana, Strada Carignano 50/1 - 10040 La Loggia (TO)

Inventori designati: PERLO Pietro, PENSERINI Davide, GROSSO Marco, INTROZZI Riccardo, POZZATO Sergio, BIASIOTTO Marco, SABATO Gioele.

Depositata il: 27 maggio 2019

TESTO DELLA DESCRIZIONE

Campo dell'invenzione

La presente invenzione si riferisce ai sistemi mobili a guida autonoma.

Nella presente descrizione, e nelle rivendicazioni che seguono, con l'espressione “sistema mobile a guida autonoma” si intende coprire sia il caso di un veicolo stradale di qualsiasi tipo, in particolare una autovettura, sia il caso di un robot mobile autonomo, ad esempio per il trasporto di pezzi, prodotti o componenti in un impianto industriale, oppure per uso domestico. Fra le possibili applicazioni, l'invenzione è in particolare diretta anche ad un robot mobile autonomo che trasporta un pacco batterie e che è configurato per portarsi presso un veicolo elettrico di qualsiasi tipo, al fine di fornire un servizio di ricarica della batteria a bordo del veicolo elettrico.

Tecnica nota

Nel campo dei veicoli stradali a guida autonoma, già da alcuni anni sono in corso sviluppi significativi. Un criterio comune per descrivere il livello di autonomia di un veicolo stradale è quello basato su una classificazione SAE “Society of Automotive Engineering” da 0 a 5. Le moderne autovetture equipaggiate con dispositivi quali il controllo di crociera, l'avviso di uscita dalla corsia o l'auto-frenatura di emergenza sono classificate al livello 1. Veicoli autonomi di livello 2 possono contenere da 15 a 17 dispositivi sensori. Al livello 5 una autovettura può essere dotata di più di 30 sensori aggiuntivi al fine di

ottenere un controllo completo sulla guida, sostanzialmente senza un intervento umano. Autovetture equipaggiate con un dispositivo di assistenza in caso di ingorghi nel traffico, in cui il dispositivo di assistenza può sostituire il guidatore in aree urbane, a velocità inferiori a 40 mph (64 km/h) sono considerate di livello 3. In generale, i veicoli di livello compreso fra 0 e 3 presentano caratteristiche crescenti di comodità e sicurezza, ma richiedono comunque che il guidatore stia all'erta e pronto ad intervenire in caso di necessità. Un grande salto si verifica al livello 4, con veicoli che possono essere utilizzati in aree limitate senza alcun intervento di un guidatore umano. Al livello 5 di piena autonomia un veicolo è in grado di operare senza alcun intervento umano in qualsiasi ambiente (urbano, suburbano, rurale, in autostrada e anche fuori strada) a qualsiasi ragionevole velocità sotto qualsiasi condizione ambientale.

Per rilevare l'ambiente circostante sono utilizzate varie tecnologie. Un primo tipo di sensori è costituito dai cosiddetti "lidar", che utilizzano una tecnologia laser per misurare la distanza da un oggetto. I sensori lidar percepiscono l'ambiente che circonda il veicolo in tre dimensioni. Essi assicurano il rilevamento di ostacoli e consentono il calcolo della posizione del veicolo grazie ad una mappatura 3D.

È anche diffuso l'uso di videocamere per analizzare l'ambiente circostante il veicolo, in particolare per rilevare cartelli stradali e semafori. Le videocamere sono a volte utilizzate in associazione a controllori elettronici programmati con algoritmi in grado di categorizzare gli ostacoli.

In vari tipi di veicoli autonomi precedentemente proposti sono anche ampiamente utilizzate antenne per navigazione satellitare (GNSS) che consentono di rilevare la posizione del veicolo con un'accuratezza vicina al centimetro.

Sono utilizzati inoltre dispositivi radar, per determinare la posizione e la velocità di oggetti circostanti e per la visione a lunga distanza.

I veicoli autonomi sono spesso anche dotati di odometri per stimare e confermare la posizione del veicolo e la sua velocità, nonché di dispositivi di misura inerziali o "Inertial Measurement Units" (IMU) per rilevare le

accelerazioni e le rotazioni del veicolo al fine di confermare le informazioni sulla posizione del veicolo e migliorare la precisione.

A supporto del network di sensori sono usualmente utilizzati sistemi di comunicazione del tipo V2X ("vehicle-to-everything") che possono essere classificati in dispositivi V2I (Vehicle-to-Infrastructure), V2N ("Vehicle-to-Network"), V2V ("Vehicle-to-Vehicle"), V2P ("Vehicle-to-Pedestrian"), V2D ("Vehicle-to-Device") e V2G ("Vehicle-to-Grid").

La figura 1 dei disegni annessi mostra una vista in pianta di un veicolo autonomo di livello 4 e mostra schematicamente le aree di copertura e le funzioni di una tipica suite di sensori predisposta su un veicolo di questo tipo. L'esempio si riferisce al caso di un veicolo dotato sia di radar a lungo raggio, sia di radar a corto e medio raggio, sia di dispositivi lidar, sia di videocamere, sia di sensori ad ultrasuoni.

È evidente che la complessità di tali sistemi di rilevamento, si traduce anche in una maggior complessità dei sistemi di elaborazione elettronica dei segnali dei sensori. La necessità di coordinare in modo coerente tutti i sistemi sensori porta anche a dover utilizzare un sistema globale di navigazione satellitare o "Global Navigation Satellite System" (GNSS).

Inoltre, la velocità richiesta per l'elaborazione dell'informazione di navigazione è una funzione della velocità del veicolo. All'aumentare della velocità, è necessario ottenere sempre più velocemente l'informazione richiesta, elaborarla e prendere decisioni conseguenti. Uno dei problemi più rilevanti da risolvere è quello di predisporre suite di sensori che sono in grado di rilevare in modo affidabile a una ragionevole distanza l'ambiente circostante, per poi classificarlo e decidere l'azione da intraprendere. Tutto questo deve essere fatto in tempo utile per consentire eventualmente anche un arresto del veicolo se necessario. Supponendo ad esempio che la piattaforma di elaborazione sia in grado di fornire i necessari output in un tempo di pochi millisecondi, ciò significa che a una velocità del veicolo di 120 km/h la distanza di sicurezza da mantenere è di circa 250 m.

Problemi analoghi si incontrano anche nel campo dei veicoli a guida autonoma per uso industriale. In questo campo, l'invenzione è diretta in

particolare ai cosiddetti “Robot Mobili Autonomi”, o “AMR” (“Autonomous Mobile Robot”). Gli AMR sono in grado di percepire l'ambiente in cui si muovono e di prendere decisioni in base a ciò che percepiscono e a come sono stati programmati, ad esempio fermandosi, ripartendo e manovrando intorno ad ostacoli che incontrano lungo il loro percorso.

Nell'industria manifatturiera, gli AMR debbono operare in modo integrato in un ambiente che comprende sia uomini sia macchine.

Una applicazione importante dell'invenzione si riferisce ad un AMR che integra a bordo una batteria e che è configurato per portarsi presso un veicolo elettrico di qualsiasi tipo, al fine di fornire un servizio di ricarica della batteria a bordo del veicolo elettrico.

È quindi importante che ogni AMR possa collaborare con macchine ed operatori con una capacità di percepire l'ambiente circostante ed interagire con macchine ed operatori in completa sicurezza. Tale risultato deve inoltre essere ottenuto riducendo il più possibile la complessità ed il costo sia della suite di sensori sia del sistema computazionale.

Una soluzione attualmente diffusa sugli AMR è quella di prevedere una serie di sensori lidar. Un sensore lidar ha un grado di precisione molto elevato nella misura della distanza da un ostacolo, ma presenta l'inconveniente di avere un campo visivo che è sì ampio, ma contenuto sostanzialmente in un piano, tipicamente all'altezza dei piedi degli operatori. Questo limita notevolmente il suo impiego quando si voglia ottenere una visione tridimensionale dell'ambiente circostante. Inoltre, i dispositivi lidar rendono difficile una classificazione degli ostacoli.

Scopo dell'invenzione

Costituisce pertanto uno scopo della presente invenzione quello di proporre sistemi mobili autonomi dotati di un sistema di rilevamento che costituisca un compromesso ottimale fra la necessità di un rilevamento accurato dell'ambiente circostante e la necessità di ridurre il più possibile la complessità del sistema di rilevamento, con conseguente semplificazione del sistema di elaborazione dei dati prodotti dal sistema di rilevamento.

Un ulteriore scopo dell'invenzione è quello di realizzare un sistema mobile autonomo dotato di un sistema di rilevamento che consenta la massima rapidità del processo decisionale conseguente all'operazione di rilevamento.

Un ulteriore scopo dell'invenzione è quello di realizzare un sistema mobile autonomo dotato di un sistema di rilevamento che non renda essenziale l'impiego di antenne per navigazione satellitare, né di dispositivi lidar o radar.

Un ulteriore scopo dell'invenzione è quello di realizzare un veicolo autonomo dotato di un sistema di rilevamento che non richieda l'uso di sistemi di comunicazione soggetti a rischio di interferenze elettroniche.

Un ulteriore scopo dell'invenzione è l'implementazione di un sistema mobile autonomo dotato di un sistema evoluto per l'elaborazione dei dati forniti dai sensori.

Un ulteriore scopo dell'invenzione è quello di realizzare un sistema mobile autonomo utilizzante tecniche evolute di sicurezza informatica.

Sintesi dell'invenzione

In vista di raggiungere questi ed ulteriori scopi, l'invenzione ha per oggetto un sistema mobile a guida autonoma includente un sistema di rilevamento per rilevare l'ambiente circostante il sistema mobile, caratterizzato dal fatto che il sistema di rilevamento include un sistema di rilevamento, comprendente una pluralità di dispositivi di rilevamento montati sul veicolo, e dal fatto che ciascuno di detti dispositivi di rilevamento comprende:

- un supporto montato sul veicolo,
- un polso articolato, montato articolato sul suddetto supporto intorno ad un primo asse sostanzialmente verticale,
- un corpo di rilevatore, montato su detto polso in modo articolato intorno ad un secondo asse sostanzialmente orizzontale e ortogonale a detto primo asse e portante sia una videocamera per visione diurna, sia un visore all'infrarosso (IR), per visione notturna o visione in condizioni di scarsa visibilità,
- un primo motore, interposto fra detto supporto e detto polso articolato, per comandare una rotazione del polso articolato intorno a detto primo asse,

- un secondo motore, interposto fra detto polso articolato ed il corpo del rilevatore, per comandare una rotazione del corpo del rilevatore intorno a detto secondo asse,

- un primo ed un secondo sensore di posizione angolare, per rilevare la posizione angolare del polso articolato e del corpo del rilevatore,

- uno o più controllori elettronici, per ricevere il segnale in uscita da detto primo e secondo sensore di posizione angolare e per azionare detto primo motore e detto secondo motore,

detti controllori elettronici essendo programmati per:

- in un primo modo operativo:

- ruotare detto polso articolato intorno a detto primo asse verticale, con moto alternato fra due posizioni estreme, in modo da scansionare un campo di visione predeterminato in un piano orizzontale e/o ruotare detto corpo del rilevatore intorno a detto secondo asse orizzontale, con moto alternato fra due posizioni estreme, in modo da scansionare un campo di visione predeterminato in un piano verticale,

- in un secondo modo operativo:

- orientare detto polso articolato intorno a detto primo asse verticale in una posizione predeterminata e/o orientare detto corpo del rilevatore intorno a detto secondo asse orizzontale in una posizione predeterminata, in modo tale da orientare detta videocamera e detto visore IR in una direzione visiva predeterminata,

in cui detti controllori elettronici comprendono circuiti elettronici per elaborare segnali emessi da detta videocamera e da detto visore IR e per stabilizzare detta immagine nel caso di movimenti e vibrazioni impartiti dal veicolo,

in modo tale per cui l'impiego dei suddetti dispositivi di rilevamento evita la necessità di prevedere dispositivi sensori come lidar o radar o antenne per sistemi di navigazione satellitare.

Nelle forme preferite di attuazione, il sistema di rilevamento comprende almeno tre e preferibilmente quattro dispositivi di rilevamento, a visione stabilizzata, predisposti sul sistema mobile, almeno uno di detti dispositivi di

rilevamento essendo posizionato su una parte anteriore del sistema mobile ed almeno uno di detti dispositivi di rilevamento essendo posizionato su una parte posteriore del sistema mobile.

In tutte le forme di attuazione dell'invenzione, una singola scheda elettronica può essere adibita al controllo e coordinamento di tutti i suddetti dispositivi di rilevamento, ma preferibilmente viene predisposta una struttura gerarchica dei controllori elettronici, con controllori di zona, che controllano ciascuno i dispositivi di rilevamento di una rispettiva zona del sistema mobile ed un controllore supervisore, che controlla e coordina i controllori di zona. Ciascun controllore di zona elabora i dati di almeno due diversi dispositivi di rilevamento per fornire dati di visione tridimensionale stereoscopica.

Preferibilmente, l'insieme dei controllori è configurato per fornire dati di navigazione ridondanti basati sull'analisi del flusso ottico rilevato nel volume circostante il sistema mobile, il che rende inessenziale l'impiego di antenne per navigazione satellitare o di dispositivi lidar o radar.

Ad esempio, nel caso in cui il sistema mobile sia dotato di due dispositivi di rilevamento anteriori posti ai lati destro e sinistro del sistema mobile e di due dispositivi di rilevamento posteriori posti ai lati destro e sinistro del sistema mobile, detto sistema mobile comprende inoltre:

- un controllore elettronico di zona anteriore, che controlla e coordina i due dispositivi di rilevamento anteriori, per elaborare dati di visione anteriore,
- un controllore elettronico di zona posteriore, che controlla e coordina i due dispositivi di rilevamento posteriori, per elaborare dati di visione posteriore,
- un controllore elettronico di zona laterale destra, che controlla e coordina il dispositivo di rilevamento anteriore destro e il dispositivo di rilevamento posteriore destro, per elaborare dati di visione laterale di destra,
- un controllore di zona laterale sinistra, che controlla e coordina il dispositivo di rilevamento anteriore sinistro e il dispositivo di rilevamento posteriore sinistro, per elaborare dati di visione laterale di sinistra, e
- un controllore elettronico supervisore che controlla tutti i suddetti controllori di zona anteriore, posteriore, laterale destro e laterale sinistro.

In tal modo, ciascun controllore elettronico di zona è in grado di fornire dati di visione tridimensionale stereoscopica.

Nel caso di un sistema mobile a guida autonoma per il trasporto di pezzi, prodotti o componenti in un impianto industriale, in particolare un AMR, il veicolo comprende una struttura di base avente una superficie superiore ed una sovrastruttura montata su detta superficie di base. Il sistema di rilevamento comprende dispositivi di rilevamento predisposti sulla superficie superiore della struttura di base. Almeno uno di detti dispositivi di rilevamento è posizionato su un lato anteriore di detta superficie, ed almeno uno di detti dispositivi di rilevamento è posizionato su un lato posteriore di detta superficie.

In una forma preferita di attuazione di un sistema mobile a guida autonoma per uso industriale, sopra la suddetta sovrastruttura è montato un robot articolato includente una catena di elementi di robot mutuamente articolati fra loro, terminante con un polso articolato di robot provvisto di una flangia per il collegamento di un attrezzo operatore. Nel caso di tale forma di attuazione, il sistema di rilevamento comprende almeno un dispositivo di rilevamento del tipo sopra indicato che è associato direttamente al suddetto polso di robot. Preferibilmente, il polso del robot è provvisto di almeno due dispositivi di rilevamento.

In una ulteriore forma di attuazione il sistema mobile è un AMR che è configurato per portarsi presso un qualsiasi veicolo elettrico per fornire un servizio di ricarica della batteria del veicolo elettrico. In tal caso il sistema mobile è provvisto di almeno un accumulatore di energia elettrica, cui sono associati uno o più cavi erogatori dotati di rispettivi connettori elettrici, per la ricarica della batteria di un veicolo elettrico servito da tale sistema mobile. In tale forma di attuazione, il sistema mobile porta preferibilmente un robot manipolatore che provvede automaticamente a collegare il connettore elettrico di un cavo di erogazione ad un connettore del veicolo elettrico da servire, per la ricarica della batteria del veicolo elettrico. Nel caso in cui il sistema mobile sia dotato di più cavi di erogazione, ciascuno con un rispettivo tipo di connettore, il robot è controllato per selezionare il cavo di erogazione ed il connettore adatti allo standard utilizzato nel veicolo elettrico da servire.

Secondo un'ulteriore caratteristica vantaggiosa, la comunicazione dei controllori elettronici situati a bordo del sistema mobile a guida autonoma, fra di loro e/o con dispositivi di comunicazione remoti utilizza tecniche di sicurezza informatica basata sullo scambio di chiavi quantiche.

Descrizione dettagliata di forme preferite di attuazione

Ulteriori caratteristiche e vantaggi dell'invenzione risulteranno dalla descrizione che segue con riferimento ai disegni annessi, forniti a puro titolo di esempio non limitativo, in cui:

- la figura 1 è uno schema che illustra i campi di copertura e le funzioni di una suite di sensori in un veicolo autonomo di livello 4, secondo la tecnica nota,
- la figura 2 è una vista prospettica di una forma di attuazione di una autovettura a guida autonoma, secondo l'invenzione,
- la figura 3 è una vista prospettica di uno dei dispositivi di rilevamento facenti parte del sistema di rilevamento di cui è provvisto il veicolo secondo l'invenzione,
- le figure 4,5 sono copie delle figure 2 e 3B del documento EP 0 667 708 A1, la cui descrizione è utile per la comprensione della presente invenzione,
- la figura 6 è una vista prospettica di un'ulteriore forma di attuazione dell'invenzione, applicata al caso di un veicolo a guida autonoma per uso industriale, in particolare un AMR, e
- la figura 7 illustra una variante della figura 6,
- la figura 8 illustra una vista prospettica di un'ulteriore forma di attuazione dell'invenzione, costituita da un AMR adibito ad un servizio di assistenza per la ricarica di batterie di veicoli elettrici,
- la figura 9 illustra un'architettura gerarchica del sistema dei controllori elettronici, utilizzabile nel sistema mobile secondo l'invenzione, con controllori di zona ed un controllore supervisore, in base ad un concetto di elaborazione dei dati per zone anziché centralizzato, e
- la figura 10 illustra l'implementazione di un sistema di comunicazione delle unità elettroniche fra loro e/o con dispositivi remoti, con un elevato grado

di sicurezza informatica basata su distribuzione di chiavi quantiche o *Quantum Key Distribution* (QKD).

La figura 2 dei disegni annessi mostra una prima forma di attuazione dell'invenzione, relativa ad una autovettura a guida autonoma 1. L'esempio illustrato si riferisce ad una autovettura elettrica del tipo che ha formato oggetto di svariati documenti di brevetto della stessa Richiedente, come ad esempio EP 3 096 965 A2, EP 3 022 108 A1, EP 3 204 249. Deve essere inteso tuttavia che tale veicolo è qui illustrato unicamente a titolo di esempio, e che l'invenzione può essere applicata su qualunque altro tipo di veicolo e con qualunque sistema di trazione.

Nel caso della forma di attuazione illustrata nella figura 2 il veicolo a guida autonoma è dotato di un sistema di rilevamento che comprende un sistema di rilevamento costituito essenzialmente da quattro dispositivi di rilevamento 2 montati ai quattro vertici del tetto 3 del veicolo. Due dispositivi di rilevamento sono montati alle estremità del lato anteriore del tetto 3, mentre gli altri due dispositivi di rilevamento sono montati all'estremità del lato posteriore del tetto.

Nel caso della forma di attuazione qui illustrata, ciascun dispositivo di rilevamento 2 è un dispositivo del tipo commercializzato con il marchio "NanoPOP" dalla società Israel Aerospace Industries Ltd. Tale dispositivo comprende un supporto di base 200, di forma cilindrica ed un polso articolato 201 montato articolato sul supporto di base 200 intorno ad un asse verticale 202. Il polso articolato 201 comprende una base cilindrica 203 montata articolata sul supporto 200 e due ali laterali 204 che si estendono verso l'alto dalla base 203, in posizioni fra loro diametralmente opposte in modo da definire fra esse uno spazio in cui è ricevuto il corpo 205 del dispositivo rilevatore.

Il dispositivo rilevatore 205 porta una videocamera 206 dotata di una lente 207, ed un visore IR dotato di una lente 208.

Il corpo 205 del rilevatore è montato articolato fra le due ali 204 del polso articolato 201 in modo da poter ruotare intorno ad un asse 209 ortogonale all'asse 202.

Con riferimento alla figura 2, i dispositivi di rilevamento 2 sono montati in modo tale per cui l'asse di articolazione 202 del polso articolato è sostanzialmente verticale e l'asse di articolazione 209 del corpo del rilevatore è sostanzialmente orizzontale.

La struttura e configurazione del dispositivo di rilevamento della figura 3 viene descritta nel seguito con riferimento alle figure 4,5 che sono copie della figura 2 e della figura 3B del documento EP 0 667 708 A1. Tale documento illustra un dispositivo avente le caratteristiche generali che sono presenti anche nel dispositivo illustrato nella figura 3 dei disegni annessi, salvo il fatto che nel documento EP 0 667 708 A1 il dispositivo illustrato è un dispositivo avente il corpo del rilevatore montato inferiormente al supporto di base e salvo il fatto che nel caso del dispositivo illustrato nel documento EP 0 667 708 A1 il corpo del rilevatore è dotato unicamente di una videocamera oppure unicamente di un visore IR, mentre nel caso del dispositivo di rilevamento della figura 3, utilizzato nella presente invenzione, il dispositivo di rilevamento include sia una videocamera, sia un visore IR.

Nella figura 4, il supporto del dispositivo di rilevamento è indicato con il riferimento 22 ed è funzionalmente equivalente al supporto 200 della figura 3. Il polso articolato è indicato nel suo insieme con il riferimento 32 ed è funzionalmente equivalente al polso articolato 201 della figura 3. Con riferimento alla figura 4, il polso 32 è montato articolato sul supporto 22 intorno ad un asse verticale 44 (corrispondente all'asse 202 della figura 3). La rotazione del polso articolato 32 intorno all'asse 44 rispetto al supporto 22 è controllata da un motore elettrico 51 avente una configurazione anulare, con uno statore 52 associato alla porzione di base 56 del polso articolato 32, ed uno statore 54 associato al supporto 22. Nella figura 4, il riferimento 50 indica un cuscinetto a rotolamento tramite il quale il polso articolato 32 è supportato in modo articolato intorno all'asse 44 dal supporto 22. Il riferimento 58 indica un sensore di posizione angolare (in particolare un encoder) configurato per rilevare la posizione angolare del polso articolato 32 intorno all'asse 44 rispetto al supporto 22.

Anche nel caso della soluzione illustrata nella figura 4 il polso articolato include due ali 60 estendentesi dalla porzione di base 56 che supportano il corpo 32 del dispositivo visore (il riferimento 32 è stato aggiunto nella figura 4). Il corpo 32 del dispositivo visore è funzionalmente equivalente al corpo 205 della figura 3. Il corpo 32 del dispositivo visore è supportato in rotazione dalle due ali 60 del polso articolato 32 intorno ad un asse orizzontale 34 (corrispondente all'asse 209 della figura 3) ortogonale all'asse 44. Il corpo 32 presenta due facce opposte da cui sporgono due perni 43 che sono supportati in modo articolato intorno all'asse 34 dalle due ali 60, mediante cuscinetti a rotolamento 66. La rotazione del corpo 32 del dispositivo visore rispetto al polso articolato 32 è controllata da un motore elettrico anulare 61, includente un rotore 62 associato ad uno dei due perni 43 ed uno statore 64 associato ad una delle due ali 60.

Con riferimento alla figura 5, nel caso della forma di attuazione in essa illustrata il corpo del dispositivo visore porta una videocamera, includente un gruppo ottico 118 ed una matrice CCD 122 i cui segnali sono inviati a una unità elettronica di elaborazione 116.

Come sopra indicato, la forma di attuazione illustrata nelle figure 4,5 è nota ed è descritta in modo dettagliato nel documento EP 0 667 708 A1.

Tale documento mostra la possibilità di predisporre nel corpo 32 del dispositivo visore, in alternativa, un sistema di visione diurna del tipo illustrato nella figura 5 dei disegni qui annessi, o un visore IR. Come indicato, nel caso della presente invenzione, invece, il dispositivo di rilevamento 2 (vedere figura 3) comprende entrambi i dispositivi, ossia sia una videocamera 206, sia un visore IR 208.

Con riferimento alla figura 3A, a ciascun dispositivo di rilevamento 2 previsto nel veicolo secondo l'invenzione è associata una unità elettronica di elaborazione 210 che riceve i segnali in uscita dalla videocamera 206 e dal visore IR 208 per l'elaborazione delle immagini. I segnali in uscita dall'unità di elaborazione 210 vengono inviati ad una unità elettronica 211 per la stabilizzazione dell'immagine. Anche l'impiego dell'unità di stabilizzazione di immagine 211 è illustrato nel documento EP 0 667 708 A1. Come insegnato in

tale documento, l'unità di stabilizzazione di immagini provvede a stabilizzare l'immagine video nel caso di movimenti e vibrazioni trasmesse dal veicolo durante la marcia. La configurazione dell'unità di stabilizzazione può essere in ogni caso di qualunque tipo noto.

Con riferimento alla figura 3B, il sistema di rilevamento di cui è provvisto il veicolo secondo l'invenzione comprende un controllore elettronico supervisore indicato con il riferimento 4 che comunica con circuiti elettronici di controllo E1,E2,E3,E4 associati ai quattro dispositivi di rilevamento 2 di cui il veicolo 1 è provvisto. Ciascun circuito elettronico E1,E2,E3,E4 controlla il funzionamento dei due motori M1,M2 associati a ciascun dispositivo di rilevamento che comandano rispettivamente la rotazione del polso articolato 201 intorno all'asse verticale 202 e la rotazione del corpo del dispositivo visore 205 intorno all'asse orizzontale 209.

Naturalmente, sebbene si sia fatto qui riferimento a due motori elettrici di cui il dispositivo di rilevamento 2 è provvisto per controllare le due rotazioni intorno agli assi 202,209, l'invenzione può essere realizzata utilizzando dispositivi di rilevamento in cui le due rotazioni intorno ai suddetti assi siano controllate da qualunque altro tipo di attuatore ad azionamento elettrico.

Il controllore supervisore 4 ed i circuiti elettronici E1,E2,E3,E4 sono programmati per attuare selettivamente un primo modo operativo od un secondo modo operativo. In detto primo modo operativo il polso articolato di ciascun dispositivo di rilevamento 2 viene ruotato intorno al rispettivo asse verticale, con moto alternato fra due posizioni estreme, in modo da scansionare un campo di visione predeterminato in un piano orizzontale. In alternativa od in aggiunta a questo, nel suddetto primo modo operativo, il corpo del rilevatore può anche essere ruotato intorno al suddetto secondo asse orizzontale, con moto alternato fra due posizioni estreme, in modo da coprire un campo di visione predeterminato in un piano verticale.

Nel secondo modo operativo, invece, il polso articolato di ciascun dispositivo di rilevamento 2 viene orientato intorno al suo primo asse verticale in una posizione predeterminata, mentre il corpo del rilevatore viene orientato intorno al suddetto secondo asse orizzontale in una posizione predeterminata in

modo tale per cui sia la videocamera, sia il visore IR di ciascun dispositivo di rilevamento è orientato in una direzione visiva predeterminata.

Sia nel primo modo operativo, sia nel secondo modo operativo, il sistema può essere configurato per coprire l'ambiente circostante orizzontalmente a 360° e verticalmente per qualsiasi campo angolare desiderato (ad esempio 45° verso il basso e 60° verso l'alto).

Nel funzionamento, i dispositivi di rilevamento 2 rilevano l'ambiente circostante ed inviano l'informazione rilevata (freccia in minuscolo nella figura 3B) al controllore supervisore 4 che invia di conseguenza uno o più segnali di comando (c) per l'attuazione di uno o più sistemi di bordo del veicolo, in funzione dell'azione che occorre intraprendere. Sempre in funzione dell'informazione ricevuta, il controllore supervisore 4 coordina anche i circuiti elettronici E1,E4, per orientare e posizionare dispositivi di rilevamento 2 in funzione delle condizioni rilevate dell'ambiente circostante.

Come risulta evidente dalla descrizione che precede, il sistema di rilevamento di cui è provvisto il veicolo secondo l'invenzione è estremamente meno complesso dei sistemi attualmente allo studio per i veicoli a guida autonoma, ma consente ciò nonostante un buon livello di accuratezza nel rilevamento dell'ambiente circondante il veicolo, grazie alle caratteristiche vantaggiose dei dispositivi di rilevamento 2. La minore complessità del sistema di rilevamento si traduce anche in una minore complessità delle tecniche di elaborazione dell'informazione rilevata, il che rende il veicolo in grado di reagire più prontamente, il che consente di realizzare prestazioni di guida autonoma anche a velocità relativamente elevate. Una importante semplificazione del dispositivo secondo l'invenzione è costituita dal fatto che è possibile eliminare totalmente sensori del tipo ladar o radar, nonché antenne per sistemi di navigazione satellitare. Può essere inoltre totalmente evitato l'impiego di sistemi di comunicazione del tipo V2X fra il veicolo e l'ambiente, il che rende il veicolo secondo l'invenzione estremamente sicuro anche contro il rischio di attacchi elettronici (cyber-attacchi) tendenti ad interferire in tali comunicazioni.

Identici vantaggi possono essere ottenuti anche nel caso di un veicolo a guida autonoma destinato a trasportare pezzi, prodotti o componenti in un

ambiente industriale. La figura 6 mostra un esempio di robot mobile autonomo o "AMR", includente una struttura di base 5 montata su ruote 6 avente una superficie superiore 7 su cui sono predisposti tre dispositivi di rilevamento 2 del tipo illustrato nella figura 3. Due dispositivi di rilevamento 2 sono disposti ad una estremità del veicolo, mentre il terzo dispositivo di rilevamento 2 è disposto alla estremità opposta. Al di sopra della struttura di base 5 è montata una sovrastruttura 8 di qualsiasi tipo noto. La struttura e la configurazione del veicolo 100 può essere di qualunque tipo noto. Tipicamente un veicolo di questo tipo comprende ruote motorizzate ed orientabili controllate dal sistema elettronico di guida del veicolo sulla base dell'informazione raccolta dal sistema di rilevamento dell'ambiente circostante. Anche in questo caso il sistema di rilevamento dell'ambiente circostante include un dispositivo di rilevamento costituito unicamente dai dispositivi di rilevamento 2, senza la necessità di impiegare sensori ladar o sensori radar o sensori ad ultrasuoni, come è invece comune nei veicoli AMR di ultima generazione.

La figura 7 illustra un'ulteriore evoluzione della soluzione della figura 6, in cui al di sopra della sovrastruttura 8 è montato un robot articolato 9 costituito da una catena di elementi mutuamente articolati 10,11,12,13,14 terminante con una flangia 15 per l'attacco di un attrezzo operatore di qualunque tipo, ad esempio un gripper. All'estremità terminale della catena di elementi articolati costituente il robot 9 sono associati, su lati opposti, due dispositivi di rilevamento 2 del tipo sopra descritto con riferimento alla figura 3. Pertanto, nel caso della forma di attuazione della figura 7 il sistema di rilevamento dell'ambiente circostante di cui il veicolo è provvisto non include soltanto i dispositivi di rilevamento che sono utilizzati per ausilio alla guida del veicolo 100, ma anche i dispositivi di rilevamento che sono utilizzati per una guida automatizzata del robot 9 durante l'esecuzione delle operazioni per cui il robot è programmato.

La figura 8 mostra una forma di attuazione in cui il sistema mobile dell'invenzione è costituito da un AMR configurato per portarsi presso un veicolo elettrico per fornire un servizio di ricarica della batteria del veicolo elettrico. Nell'esempio della figura 8 l'AMR ha la stessa configurazione già

descritta sopra con riferimento alla figura 7, ma è evidente che la configurazione dell'AMR, come pure la disposizione dei dispositivi di rilevamento 2, possono ampiamente variare.

In tale forma di attuazione, l'AMR 100 è provvisto di almeno un accumulatore di energia elettrica 101 (includente uno o più pacchi batteria), cui sono associati uno o più cavi erogatori 102,103,104 dotati di rispettivi connettori elettrici 102a,103a,104a, per la ricarica della batteria del veicolo elettrico servito da tale sistema mobile.

Preferibilmente, a bordo dell'AMR è portato un robot manipolatore 9, che nel caso illustrato è dello stesso tipo già descritto con riferimento alla figura 7, anche se è evidente che il robot 9 può essere di un qualunque tipo noto. Il robot 9 è dotato di un gripper 15 ed è controllato per afferrare, tramite il gripper 15 uno dei cavi di alimentazione 102,103,104, e/o il connettore ad esso associato, per portarlo presso il veicolo elettrico da servire e per accoppiare il connettore elettrico del cavo di erogazione con il connettore del veicolo elettrico da servire, per la ricarica della batteria del veicolo elettrico.

Sempre preferibilmente, i connettori 102a,103a,104a sono configurati secondo standard diversi e il robot 9 è controllato in modo tale da selezionare il cavo di erogazione che è adatto allo standard del connettore del veicolo elettrico da servire. Si può però anche prevedere che tutti i connettori 102a,103a,104a siano identici, e che il robot sia controllato per alimentare contemporaneamente le batterie di più veicoli elettrici, mediante i suddetti cavi di erogazione. Infine, non è comunque escluso che l'AMR 100 sia dotato di un unico cavo di erogazione, per alimentare la batteria di un veicolo elettrico alla volta.

In tutte le forme di attuazione dell'invenzione, una singola scheda elettronica può essere adibita al controllo e coordinamento di tutti i dispositivi di rilevamento 2, ma preferibilmente viene predisposta una struttura gerarchica dei controllori elettronici, con controllori di zona, che controllano ciascuno i dispositivi di rilevamento di una rispettiva zona del sistema mobile ed un controllore supervisore, che controlla e coordina i controllori di zona.

Ad esempio, nel caso in cui il sistema mobile sia dotato di due dispositivi di rilevamento anteriori 2 posti ai lati destro e sinistro del sistema mobile e di due dispositivi di rilevamento posteriori 2 posti ai lati destro e sinistro del sistema mobile (vedere lo schema della figura 9), è previsto un controllore elettronico di zona anteriore S1, che controlla e coordina i due dispositivi di rilevamento anteriori 2, per elaborare dati di visione anteriore, un controllore elettronico di zona posteriore S2, che controlla e coordina i due dispositivi di rilevamento posteriori 2, per elaborare dati di visione posteriore, un controllore elettronico di zona laterale destra S3, che controlla e coordina il dispositivo di rilevamento anteriore destro e il dispositivo di rilevamento posteriore destro, per elaborare dati di visione laterale di destra, un controllore di zona laterale sinistra S4, che controlla e coordina il dispositivo di rilevamento anteriore sinistro e il dispositivo di rilevamento posteriore sinistro, per elaborare dati di visione laterale di sinistra, e un controllore elettronico supervisore S5 che controlla tutti i suddetti controllori di zona anteriore, posteriore, laterale destro e laterale sinistro S1-S4.

In tal modo, ciascun controllore elettronico di zona è in grado di elaborare dati di visione tridimensionale stereoscopica.

Preferibilmente, l'insieme dei controllori è inoltre configurato per fornire dati di navigazione ridondanti basati sull'analisi del flusso ottico rilevato nel volume circostante il sistema mobile, il che rende inessenziale l'impiego di antenne per navigazione satellitare o di dispositivi lidar o radar..

Secondo un'ulteriore caratteristica importante dell'invenzione, la comunicazione di una pluralità di unità elettroniche situate a bordo del sistema mobile a guida autonoma, fra di loro e/o con dispositivi di comunicazione remoti, utilizza tecniche di sicurezza informatica basate sulla distribuzione di chiavi quantiche (QKD).

La figura 10 illustra una rete di comunicazione 300 fra una pluralità di unità elettroniche predisposte a bordo del sistema mobile a guida autonoma 1. Ad esempio, le unità elettroniche possono includere una unità 301 per il controllo dei motori di trazione del sistema mobile, una unità 302 per il controllo del sistema di guida autonoma, una unità 303 per l'elaborazione dei dati forniti

dai dispositivi di rilevamento 2, una unità 304 per il controllo delle luci del sistema mobile, una unità 305 per il controllo di servizi ausiliari a bordo del sistema mobile, una unità 306 per il controllo del sistema di condizionamento termico a bordo del sistema mobile, una unità 307 per il controllo del pacco batteria del sistema mobile ed una unità *firewall* 308 di interfaccia con un sistema di comunicazione wireless 309 (ad esempio 4G o 5G o Wi-Fi) o un sistema di collegamento via cavo mediante un connettore 310, per la comunicazione con dispositivi remoti.

La rete 300 comprende una rete CAN-bus 300A di collegamento fra nodi N che fanno capo alle unità elettroniche 301 ed una rete di fibre ottiche 300B per la comunicazione fra gate G associati alle varie unità 301-308, per lo scambio di chiavi quantiche.

Il sistema di comunicazione wireless può servire per comunicare anche con un utilizzatore esterno 311 o con un sistema di infotainment 312 dotato di collegamento alla rete internet.

Secondo un ulteriore aspetto dell'invenzione, il sistema mobile autonomo è dotato anche di un sistema di rilevamento della posizione che comprende dispositivi per misure inerziali e dispositivi a flussi ottici. Tali dispositivi sono utilizzati in luogo di sistemi di localizzazione satellitare.

Naturalmente, fermo restando il principio del trovato, i particolari di costruzione e le forme di attuazione potranno ampiamente variare rispetto a quanto descritto ed illustrato a puro titolo di esempio, senza per questo uscire dall'ambito della presente invenzione, come definita nelle annesse rivendicazioni.

RIVENDICAZIONI

1. Sistema mobile a guida autonoma, includente un sistema di rilevamento per rilevare l'ambiente circondante il sistema mobile,

caratterizzato dal fatto che il sistema di rilevamento include una pluralità di dispositivi di rilevamento (2) montati sul sistema mobile, e

dal fatto che ciascun dispositivo di rilevamento (2) comprende:

- un supporto (200) montato sul sistema mobile (1;100),
- un polso articolato (201), montato articolato sul suddetto supporto (200)

intorno ad un primo asse sostanzialmente verticale (202),

- un corpo di rilevatore (205), montato su detto polso (201) in modo articolato intorno ad un secondo asse sostanzialmente orizzontale (209) ortogonale a detto primo asse (202), e portante sia una videocamera (206) per visione diurna, sia un visore IR (208), per visione notturna o per visione in condizioni di scarsa visibilità,

- un primo motore (51;M1), interposto fra detto supporto (200;22) e detto polso articolato (201;32), per comandare una rotazione del polso articolato intorno a detto primo asse (202;44),

- un secondo motore (61;M2), interposto fra detto polso articolato (32;201) ed il corpo (32;205) del rilevatore, per comandare una rotazione del corpo del rilevatore intorno a detto secondo asse (34;209),

- un primo ed un secondo sensore di posizione angolare (58,68), per rilevare la posizione angolare del polso articolato (32;201) e del corpo (30;205) del rilevatore,

- uno o più controllori elettronici (E), per ricevere il segnale in uscita da detto primo e secondo sensore di posizione angolare e per azionare detto primo motore (M1) e detto secondo motore (M2),

detti controllori elettronici (A) essendo programmati per

- in un primo modo operativo:

- ruotare detto polso articolato (32;201) intorno a detto primo asse verticale (44;202), con moto alternato fra due posizioni estreme, in modo da coprire un campo di visione predeterminato in un piano orizzontale

e/o ruotare detto corpo (30;205) del rilevatore intorno a detto secondo asse orizzontale (34;209), con moto alternato fra due posizioni estreme, in modo da coprire un campo di visione predeterminato in un piano verticale,

- in un secondo modo operativo:

- orientare detto polso articolato (32;201) intorno a detto primo asse verticale (44;202) in una posizione predeterminata e/o orientare detto corpo (32;205) del rilevatore intorno a detto secondo asse orizzontale (34;209) in una posizione predeterminata, in modo tale da orientare detta videocamera (206) e detto visore IR (208) in una direzione di visione predeterminata,

in cui detti uno o più controllori elettronici comprendono inoltre circuiti elettronici (210,211) per elaborare segnali emessi da detta videocamera (206) e da detto visore IR (208) e per stabilizzare l'immagine ottenuta sulla base di detti segnali nel caso di movimenti e/o vibrazioni impartiti dal sistema mobile durante la marcia,

in modo tale per cui l'impiego dei suddetti dispositivi di rilevamento evita la necessità di prevedere dispositivi sensori come lidar o radar o antenne per sistemi di navigazione satellitare.

2. Sistema mobile secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che comprende una struttura gerarchica dei suddetti controllori elettronici, con controllori di zona (S1-S4), configurati per controllare ciascuno i dispositivi di rilevamento (2) di una rispettiva zona del sistema mobile ed un controllore supervisore (S5), configurato per controllare e coordinare i controllori di zona (S1-S4), e dal fatto che ciascun controllore di zona è configurato per elaborare i dati di almeno due diversi dispositivi di rilevamento (2), per fornire dati di visione tridimensionale stereoscopica.

3. Sistema mobile secondo la rivendicazione 2, caratterizzato dal fatto che comprende almeno tre dispositivi di rilevamento (2) predisposti sul sistema mobile, almeno uno di detti dispositivi di rilevamento (2) essendo posizionato su

una parte anteriore del sistema mobile (1) e almeno uno di detti dispositivi di rilevamento (2) essendo posizionato su una parte posteriore del sistema mobile (1).

4. Sistema mobile secondo la rivendicazione 3, caratterizzato dal fatto che comprende:

- due dispositivi di rilevamento anteriori (2) posti ai lati destro e sinistro del sistema mobile e due dispositivi di rilevamento posteriori (2) posti ai lati destro e sinistro del sistema mobile,
- un controllore elettronico di zona anteriore (S1), che controlla e coordina i due dispositivi di rilevamento (2) anteriori, per elaborare dati di visione anteriore,
- un controllore elettronico di zona posteriore (S2), che controlla e coordina i due dispositivi di rilevamento (2) posteriori, per elaborare dati di visione posteriore,
- un controllore elettronico di zona laterale destra (S3), che controlla e coordina il dispositivo di rilevamento (2) anteriore destro e il dispositivo di rilevamento (2) posteriore destro, per elaborare dati di visione laterale di destra,
- un controllore di zona laterale sinistra (S4), che controlla e coordina il dispositivo di rilevamento anteriore sinistro e il dispositivo di rilevamento posteriore sinistro, per elaborare dati di visione laterale di sinistra, e
- un controllore elettronico supervisore (S5) che controlla tutti i suddetti controllori di zona anteriore, posteriore, laterale destro e laterale sinistro,
- per cui ciascun controllore di zona è in grado di fornire dati di visione tridimensionale stereoscopica.

5. Sistema mobile per il trasporto di pezzi, prodotti o componenti in un impianto industriale, secondo la rivendicazione 1, comprendente una struttura di base (5) avente una superficie superiore (7) e una sovrastruttura (8) montata su detta superficie superiore (7), detto sistema mobile essendo caratterizzato dal fatto che detto sistema di visione comprende dispositivi di rilevamento (2) predisposti sulla superficie superiore (7) della struttura di base (5), almeno uno

di detti dispositivi di rilevamento (2) essendo posizionato su un lato anteriore di detta superficie superiore (7) e almeno uno di detti dispositivi di rilevamento (2) essendo posizionato su un lato posteriore di detta superficie superiore (7).

6. Sistema mobile secondo la rivendicazione 5, caratterizzato dal fatto che sopra detta sovrastruttura (8) è montato un robot articolato (9) includente una catena di elementi di robot (10-14) mutuamente articolati fra loro e terminante con un polso articolato di robot (15) provvisto di una flangia per il collegamento di un attrezzo operatore (15), caratterizzato dal fatto che almeno uno di detti dispositivi di rilevamento (2) è associato a detto polso di robot.

7. Sistema mobile secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che detto sistema mobile è un AMR configurato per portarsi presso un veicolo elettrico per fornire un servizio di ricarica della batteria del veicolo elettrico, detto AMR essendo provvisto di almeno un accumulatore di energia elettrica, cui sono associati uno o più cavi erogatori dotati di rispettivi connettori elettrici, per la ricarica della batteria del veicolo elettrico servito da tale sistema mobile.

8. Sistema mobile secondo la rivendicazione 7, caratterizzato dal fatto che detto AMR porta un robot manipolatore che è controllato per provvedere automaticamente a collegare il connettore elettrico di un cavo di erogazione ad un connettore del veicolo elettrico da servire, per la ricarica della batteria del veicolo elettrico.

9. Sistema mobile secondo la rivendicazione 8, caratterizzato dal fatto che detto accumulatore di energia elettrica è dotato di più cavi di erogazione, ciascuno con un rispettivo tipo di connettore, e dal fatto che il robot è controllato in modo tale da selezionare il cavo di erogazione che è adatto al veicolo elettrico da servire.

10. Sistema mobile secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che la comunicazione dei controllori elettronici situati a bordo del sistema

mobile a guida autonoma, fra di loro e/o con dispositivi di comunicazione remoti, utilizza tecniche di sicurezza informatica basate sulla distribuzione di chiavi quantiche.

11. Sistema mobile secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che l'insieme dei controllori è configurato per fornire dati di navigazione ridondanti basati sull'analisi del flusso ottico rilevato nel volume circostante il sistema mobile.

FIG. 1

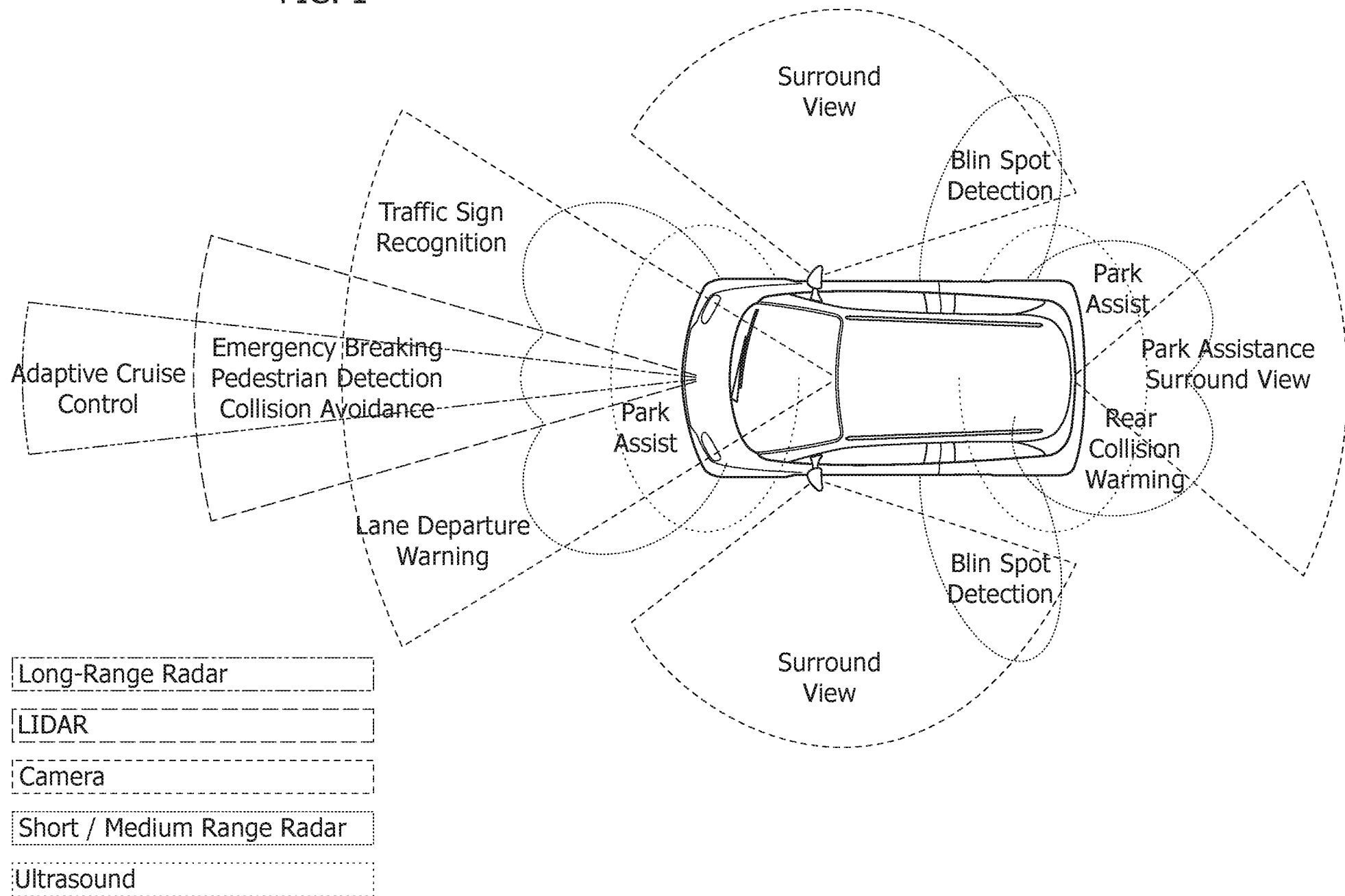


FIG. 2

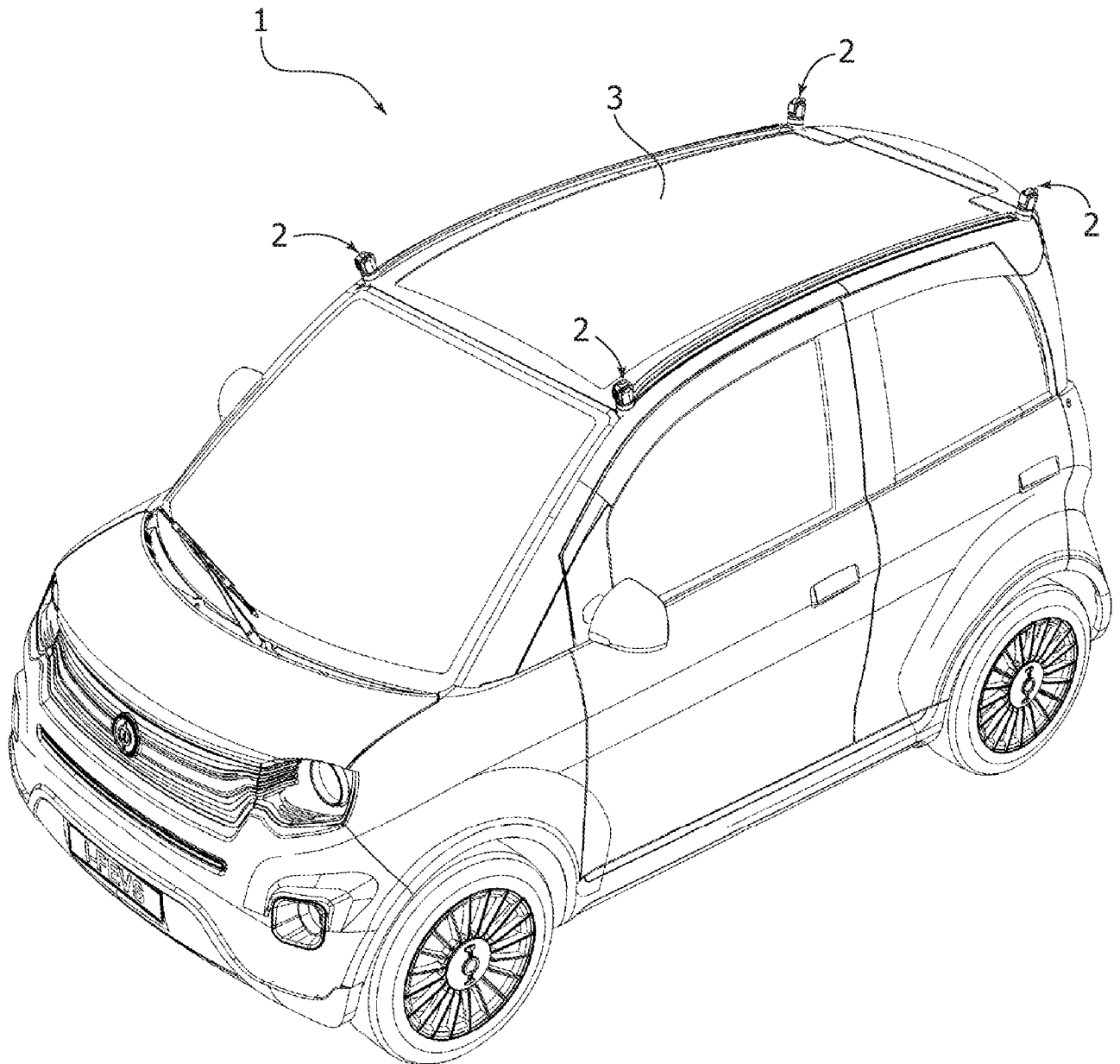


FIG. 3

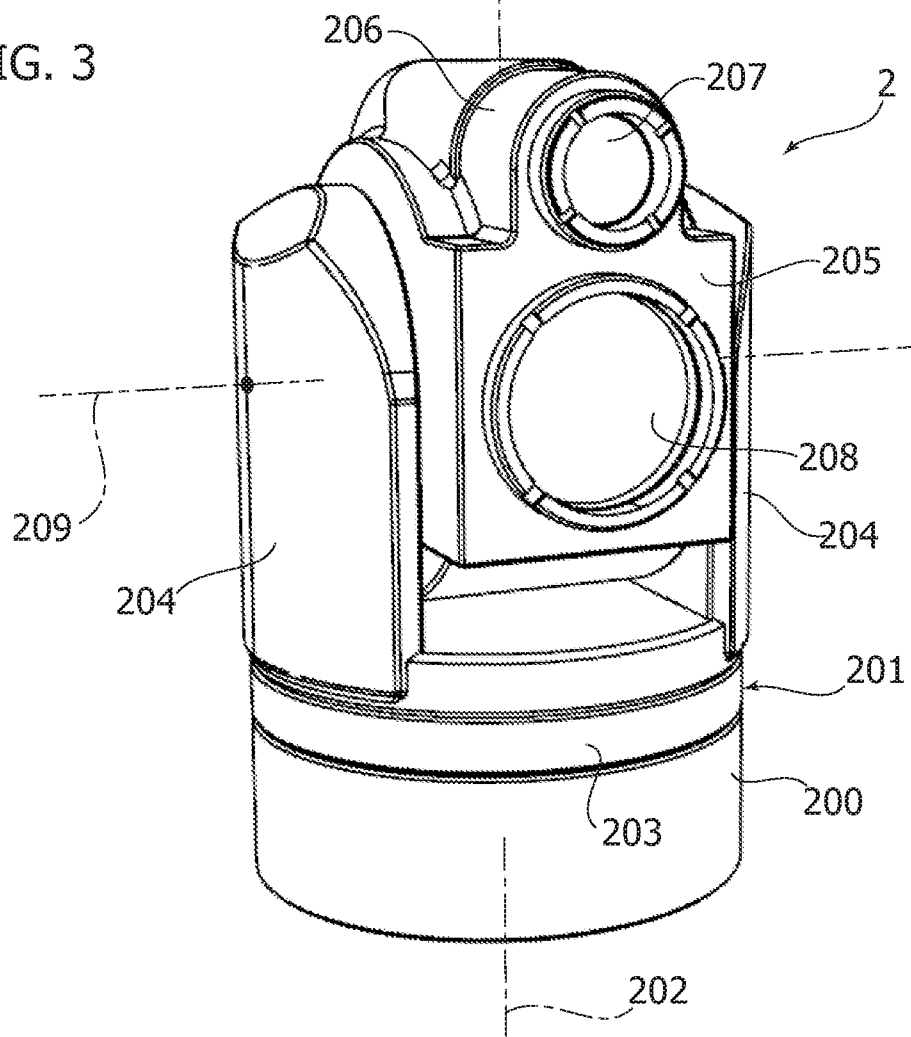


FIG. 3A

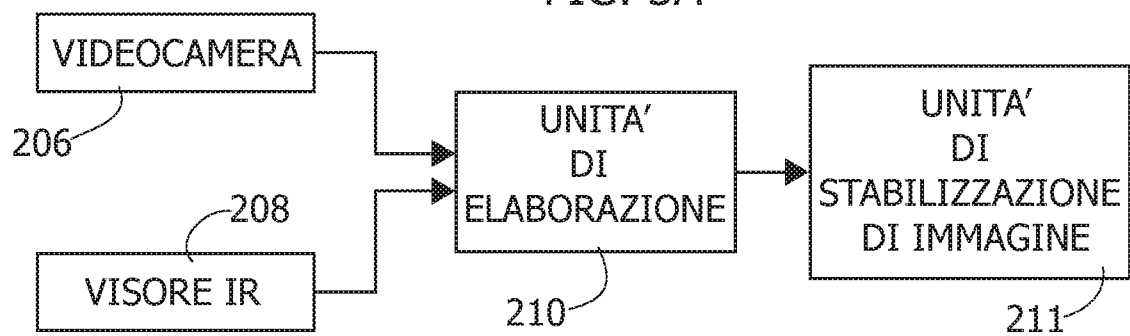


FIG. 3B

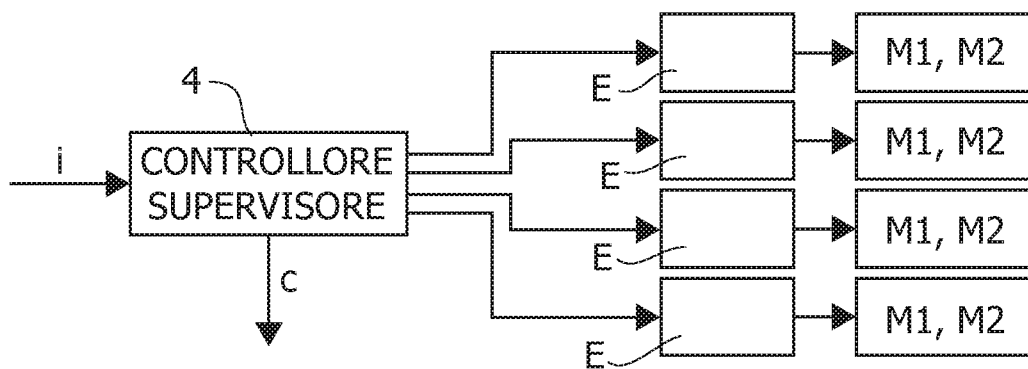


FIG. 4

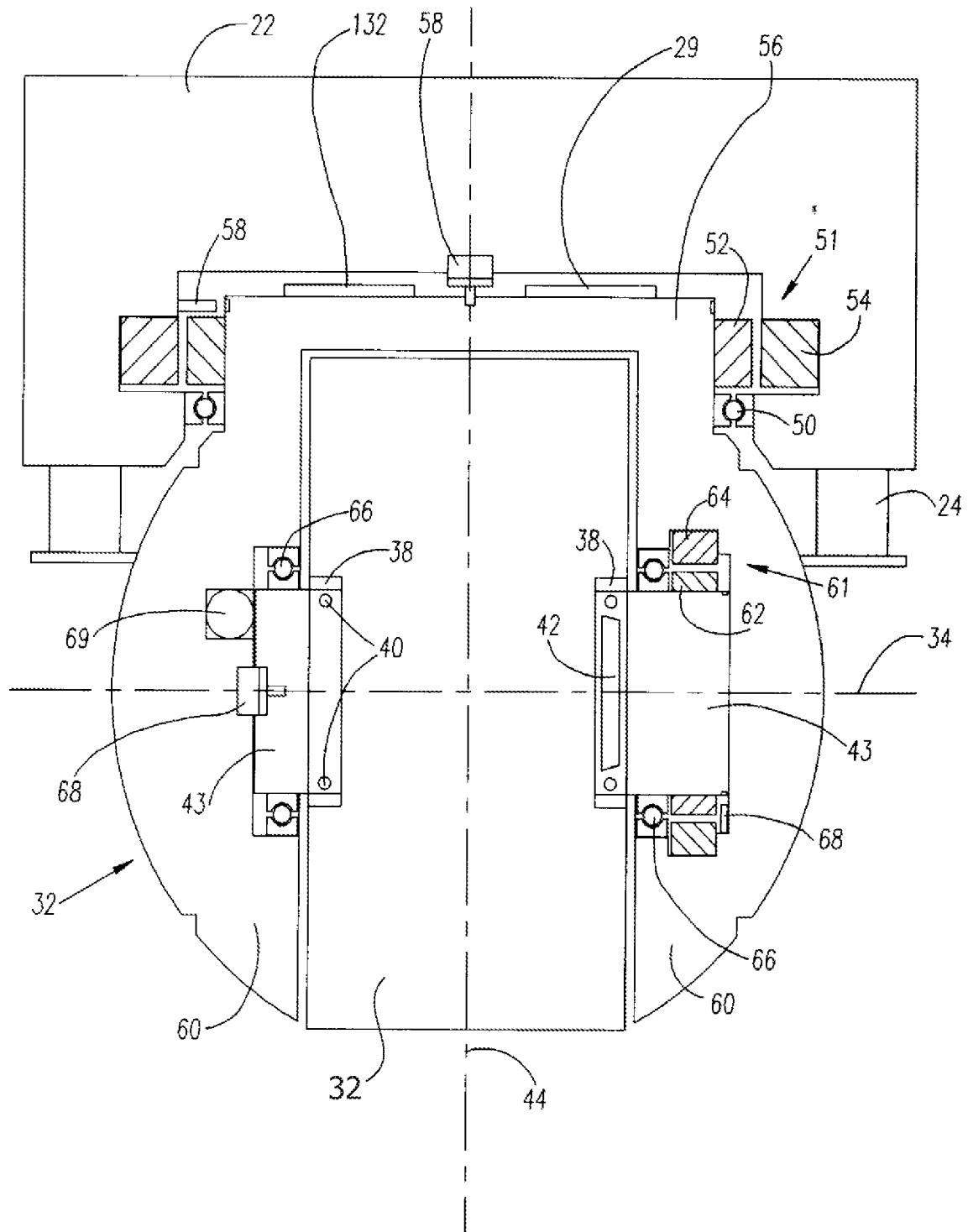


FIG. 5

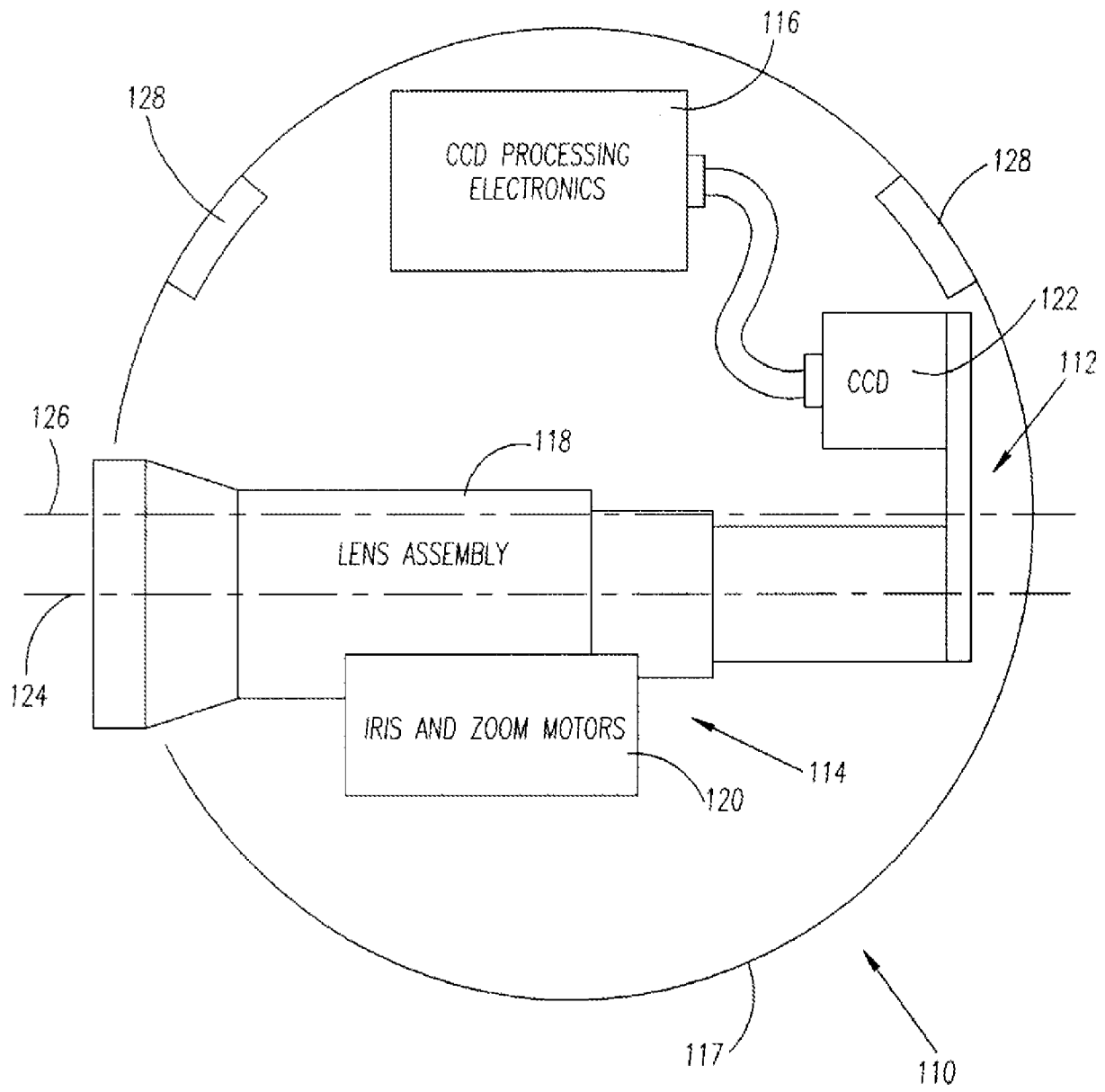
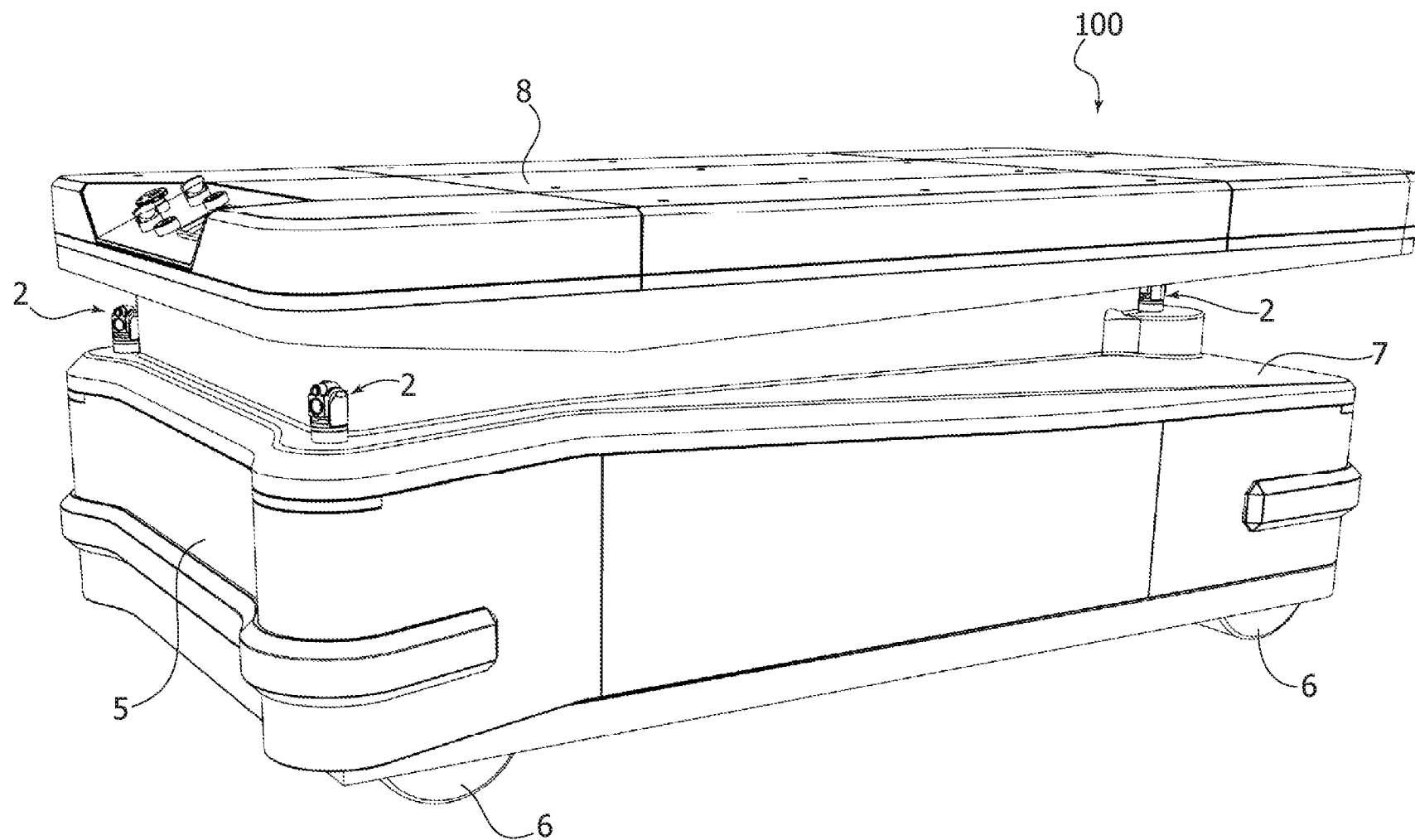


FIG. 6



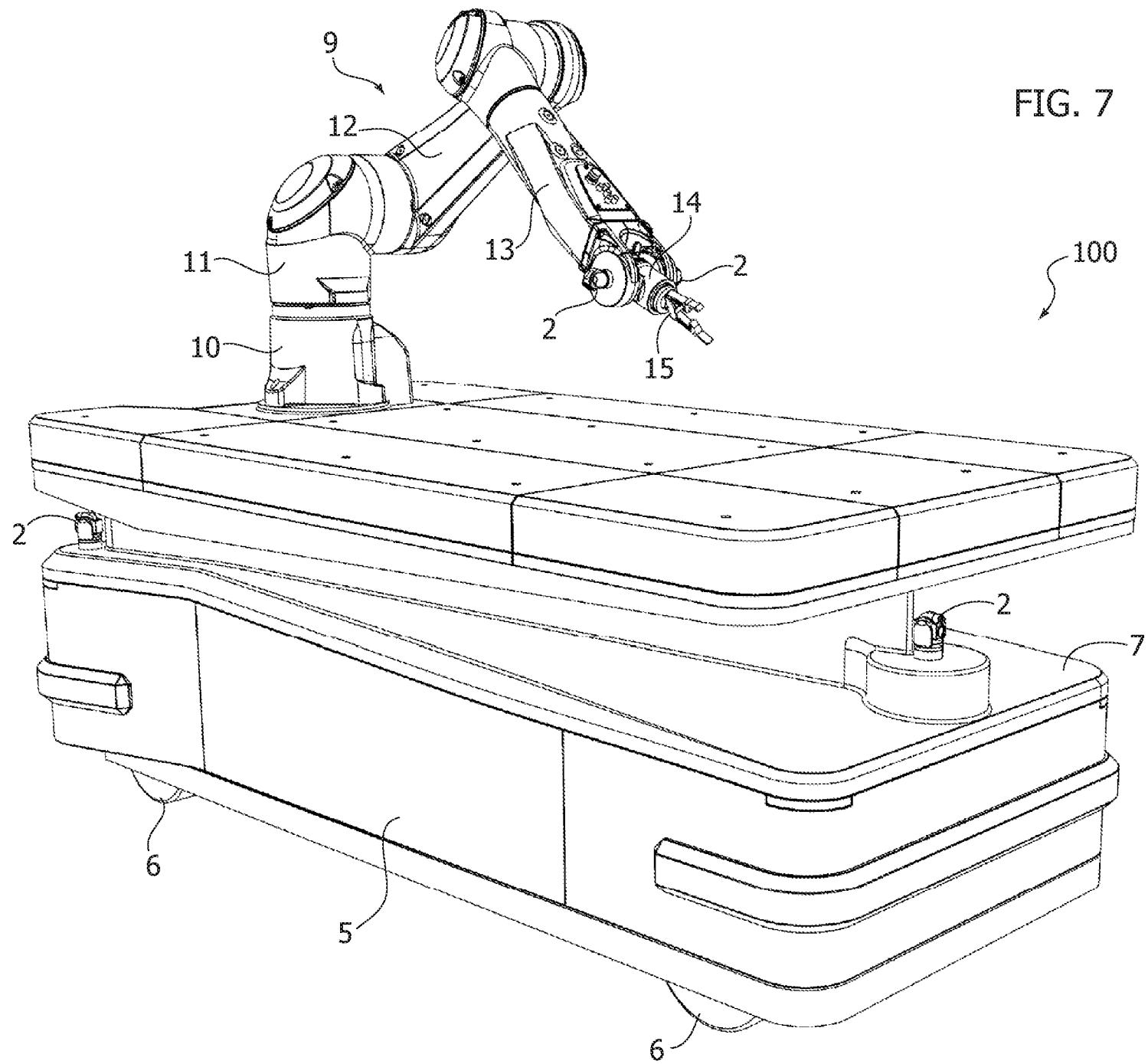


FIG. 8

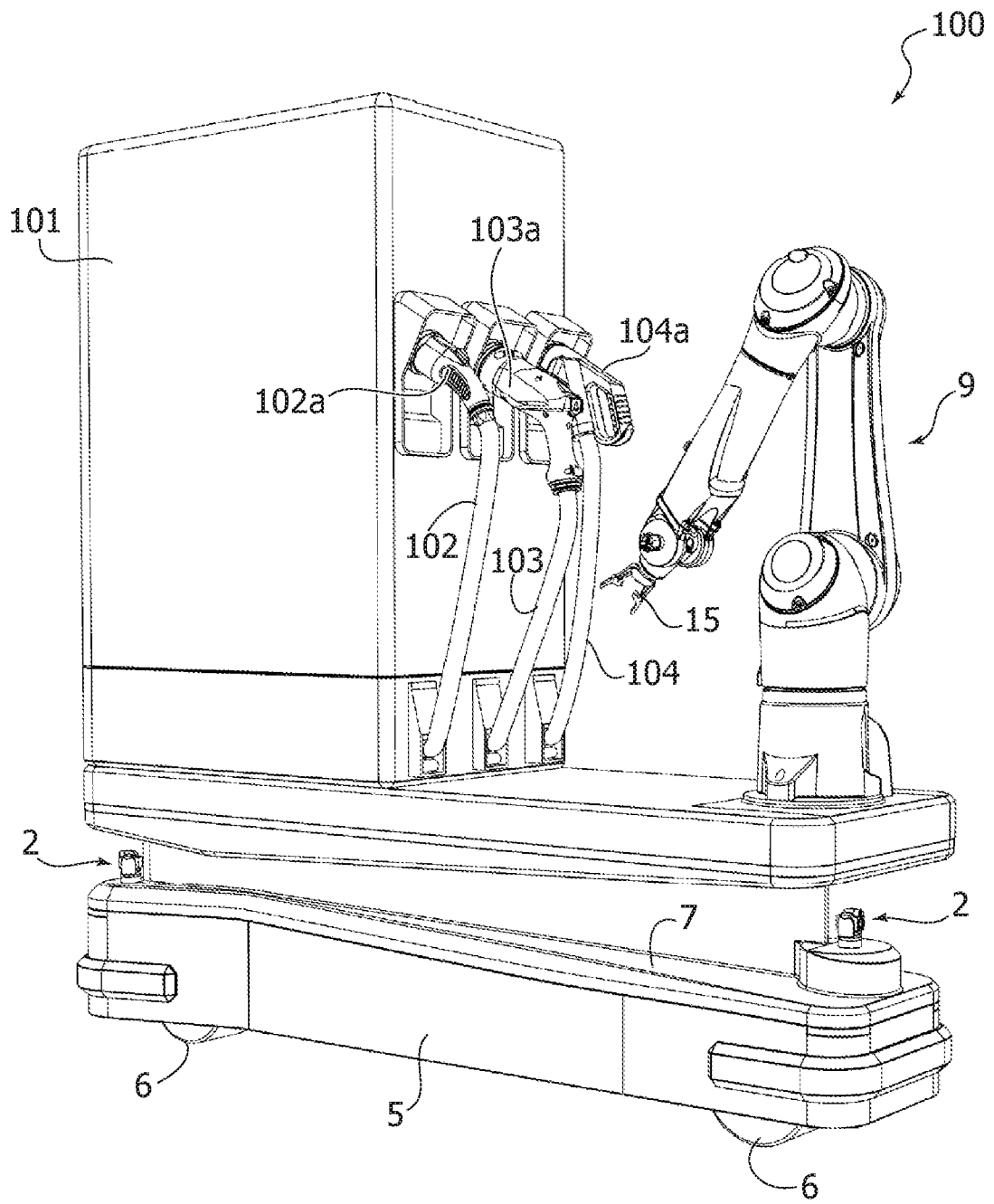


FIG. 9

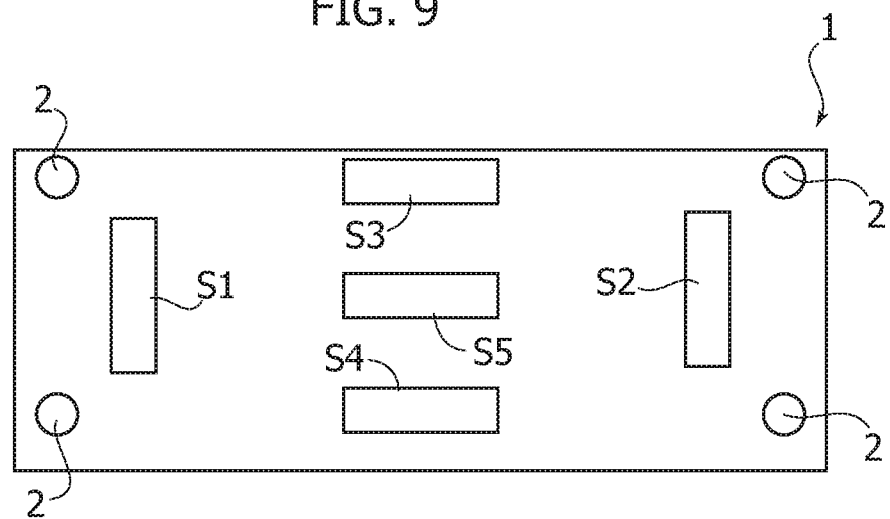


FIG. 10

