Laserowy system pozycjonowania robota mobilnego.

Przedmiotem wynalazku jest systemu laserowego pozycjonowania robota mobilnego, znajdujący zastosowanie w robotach mobilnych przeznaczonych do automatyzacji przemysłowego transportu i logistyki, który umożliwia dokładne określenie i zajęcie pozycji, przez robota mobilnego, na stanowisku załadowczo-rozładowczym.

Roboty mobilne są typem robota posiadającym zdolności lokomocyjne. Roboty mobilne projektowane z reguły do wykonywania konkretne zadania lub zespołu zadań. Rodzaj zadania i środowiska, w którym zostanie jest wykonywane, implikują konstrukcję robota i program nim sterujący. O skuteczności i efektywności realizacji zadań stawianych robotom decyduje ich system nawigacji dzięki któremu robot pokonuje trasy, które musi przejechać dla realizacji elementów zadania dla których został zbudowany.

Od początku wykorzystania robotów mobilnych tj. od około lat osiemdziesiątych XX wieku były one stosowane do transportu w przemyśle, w specjalnie dostosowanych halach fabrycznych i magazynowych Poziom autonomii robota przeznaczonego do transportu musi umożliwić przede wszystkim przemieszczanie się po

zadanej trasie. W tym celu roboty są wyposażane w odpowiednie czujniki i układy sterowania, które realizują algorytmy globalnego i lokalnego planowania ruchu oraz sterowania ruchem nadążnym.

Najszerszą grupę mobilnych robotów do transportu stanowią roboty przeznaczone do zastosowania w przemyśle. Wynika to głównie z faktu, że hale przemysłowe są zazwyczaj dobrze ustrukturyzowane, co ułatwia zastosowanie robotów np. w transporcie wewnątrzzakładowym lub magazynowym

W tego typu rozwiązaniach do nawigacji robotów stosowane są tradycyjnie systemy przewodów wbudowane w podłoże. Stosowane są także bardziej elastyczne systemy nawigacji robotów bazujące np. na skanerach laserowych, systemy automatycznego dokowania, czy standardowe wózki widłowe wyposażone w zautomatyzowane systemy oparte na nawigacji laserowej.

Roboty mobilne wyposażane są najczęściej w systemy nawigacji lokalnej zapewniające zdolność robotów do określania swojej pozycji w stosunku do obiektów (stacjonarnych lub ruchomych) w środowisku i do prawidłowej interakcji z nimi. Systemy nawigacji lokalnej obejmują szerokie spektrum różnych technologii i aplikacji. Do najczęściej stosowanych należą systemy laserowe, do których należy system laserowego mapowania terenu lub system znaczników identyfikowanych laserowo. Stosowane są również metody wyznaczania drogi przy pomocy taśm magnetycznych lub kolorowych linii w których punkty charakterystyczne oznaczane są różnymi typami znaczników rozpoznawanych przez roboty.

Znany jest z chińskiego opisu patentowego CN102419178 pt " Mobile robot positioning system and method based on infrared road sign" system pozycjonowania robota mobilnego, pracującego w zamkniętym pomieszczeniu, polegający na odczytywaniu umieszczonych na suficie znaczników reagujących na oświetlenie

światłem podczerwonym emitowanym przez diodę stanowiącą wyposażenie robota mobilnego. Odczyt prowadzony jest przez szerokokątną kamerę podczerwieni, zamocowaną na korpusie robota mobilnego. Komputer stanowiący wyposażenie robota mobilnego przeprowadza analizę obrazu i oblicza pozycję robota w czasie rzeczywistym. System pozycjonowania według wynalazku może być wykorzystywany do ustalania położenia ruchomego robota w zamkniętych pomieszczeniach. Charakteryzuje się on szybkością obliczenia, dużym zakresem nawigacji oraz wysoką dokładnością pozycjonowania i odpornością na zakłócenia.

Inny system pozycjonowania robota mobilnego opisany jest w patencie chińskim CN104089616 p.t. "Mobile robot positioning system" , który polega na poruszaniu się robota mobilnego po systemie prowadnic magnetycznych oraz rozmieszczonych dodatkowo znaczników magnetycznych określających dokładną pozycję robota. Robot wyposażony jest w zespoły czujników magnetycznych odczytujących sygnały pola magnetycznego magnetycznych prowadnic i znaczników magnetycznych. Komputer sterujący analizuje sygnały pola magnetycznego, odbieranych przez rząd czujników magnetycznych umieszczonych na przedniej części robota oraz sygnałów odbieranych przez rząd czujników magnetycznych umieszczonych na tylniej części robota i kontroluje pozycję robota według sygnałów pola magnetycznego oraz wcześniej zapisanych danych o przebiegu ścieżki robota tak, aby określać poruszanie się i położenie robota mobilnego. System pozycjonowania mobilnego robota według wynalazku ma wysoką niezawodność oraz mały błąd w określaniu pozycjonowania.

Znany jest również z japońskiego opisu patentowego JP06147911 p.t " Device for correcting direction of moving robot" system pozycjonowania robota mobilnego stosowany do korekty jego ruchu polegający na odbieraniu odbitej wiązki światła powracającej od strony

zwierciadła umieszczonego na drodze robota mobilnego. Komputer koryguje kierunek robota w oparciu o zapisaną pozycję ustawienia zwierciadła, określającą pozycję ustawienia i kierunku zwierciadła oraz danych pomiarowych kierunku, z jakiego światło odbite od zwierciadła jest wykrywane przez urządzenie nadawczo-odbiorcze stanowiące wyposażenie robota mobilnego

Znany jest z opisu patentowego WO2012167110 p.t" Target recognition and localization methods using a laser sensor for wheeled mobile robots" system lokalizacji robota mobilnego za pomocą czujnika laserowego. Określana jest odległość mobilnego robota od zainstalowanego, w określonej pozycji znacznika, w postaci leżącej trójwymiarowej litery E o różnym wypełnieniu przestrzeni pomiędzy ramionami, przy pomocy skanera laserowego, który dodatkowo rozpoznaje wzorzec na podstawie metod detekcji jego krawędzi. Na podstawie przeprowadzonych pomiarów odległości oraz położenia względem zidentyfikowanego wzorca określa jest pozycja mobilnego robota.

Znane systemy pozycjonowania robotów mobilnych oparte są z reguły na skanerach sygnałów świetlnych lub magnetycznych oraz na wykorzystaniu układu znaczników położenia i wymagają przeprowadzania stosunkowo skomplikowanych obliczeń, co powoduje iż z reguły wyposażenie niezbędne do pozycjonowania robotów mobilnych jest skomplikowane technicznie i kosztowne.

Celem wynalazku jest opracowanie, nie skomplikowanego i nisko kosztowego, laserowego systemu pozycjonowania robotów mobilnych , przeznaczonych do automatyzacji przemysłowego transportu i logistyki, który umożliwia dokładne określenie i zajęcie pozycji przez robota mobilnego na stanowisku załadowczo-rozładowczym.

Istota laserowego systemu pozycjonowania robotów mobilnych według wynalazku, który składa się z zespołu dalmierzy laserowych

oraz znacznika referencyjnego w postaci w postaci płaskiej powierzchni lustrzanej o ustalonym położeniu oraz układu sterującego w postaci mikrokontrolera realizującego obliczenie pozycji robota na podstawie danych referencyjnych i pomiarowych charakteryzuje się tym, że w przedniej ścianie obudowy robota mobilnego zamontowane są trzy dalmierze laserowe przy czym dalmierze nr. 1 i nr. 2 zamontowane są w pionie jeden nad drugim zaś dalmierz nr 3 zamontowany jest obok dalmierza nr 1 w poziomie. Minimalne odległości pomiędzy laserami determinuje konstrukcja obudów zastosowanych dalmierzy zaś maksymalna odległość pomiędzy dalmierzami usytuowanymi obok siebie w poziomie uzależniona jest od szerokości obudowy robota mobilnego natomiast maksymalna odległość pomiędzy dalmierzami usytuowanymi nad /pod sobą w pionie uzależniona jest od wysokości obudowy robota mobilnego.

Znacznik referencyjny stanowi układ dwóch skrzyżowanych płaskich, lustrzanych powierzchni pomiarowych, umieszczonych jedna nad drugą, przy czym górna powierzchnia pomiarowa odchylona jest od płaszczyzny dolnej powierzchni pomiarowej o kąt α spełniający zależność $0^{o} < 2*\alpha < 90^{o}$, natomiast płaszczyzna prostopadła do lustrzanych powierzchni pomiarowych i przechodząca przez linię ich styku jest pozioma do podłoża i znajduje się na wysokości połowy odległości pomiędzy dalmierzem 1 i dalmierzem 2 usytuowanych nad/pod sobą

Laserowy system pozycjonowania robota mobilnego według wynalazku działa w ten sposób, że dalmierze laserowe mierzą równocześnie odległość od powierzchni pomiarowych w poziomie. Promienie pomiarowe dalmierzy są do siebie równoległe. Pozycja robota jest wyznaczana względem układu współrzędnych xy powiązanego z układem referencyjnych powierzchni pomiarowych. Na podstawie wyników pomiaru odległości i zależności trygonometrycznych są wyliczane współrzędne punktu charakterystycznego P(x,y),

związanego z obudową robota mobilnego oraz β - kąt skręcenia robota mobilnego względem osi x,

Na podstawie zależności geometrycznych pomiędzy promieniami dalmierzy laserowych a płaszczyznami płaskich lustrzanych powierzchni pomiarowych wyznacza się;

— Kąt skręcenia robota względem osi x układu współrzędnych xy według wzoru ;

$$\beta = \alpha - \arctan\left(\frac{l_3 - l_1}{c}\right)$$

Gdzie

β = kąt skręcenia robota względem osi x układu współrzędnych xy

α =1/2 kąta skręcenia płaskich powierzchni pomiarowych względem siebie

l_3 = odległość zmierzona przez dalmierz nr 3 równa sumie długości odcinków: *a* oraz *b*.

l_1 =odległość zmierzona przez dalmierz nr 1, równa długości odcinka f,

— Współrzędna x punktu P według wzoru ;

$$x = \left(l_1 + \frac{l_2 - l_1}{2}(1 - \tan\beta \tan\alpha)\right)\cos\beta$$

gdzie;

l_2 = odległość zmierzona przez dalmierz nr 2, równa sumie długości odcinków: *d*, *e* oraz *f*,

— Współrzędna y punktu P według wzoru ;

$$y = \left(l_1 + \frac{l_2 - l_1}{2}(1 - \tan\beta \tan\alpha)\right)\sin\beta - \frac{(l_2 - l_1)\cos\beta}{2}\left(\frac{1}{\tan\alpha} - \tan^2\beta \tan\alpha\right)$$

Na podstawie współrzędnych punktu P i wartości kąta β układ sterowania robota mobilnego wylicza trajektorii ruchu do punktu docelowego.

Równoczesny pomiar odległości robota mobilnego, od dwóch skrzyżowanych pionowych płaskich lustrzanych powierzchni pomiarowych, realizowany przez trzy dalmierze, pozwala na szybkie wyliczenie położenia i orientacji robota. Wysoka dokładność pomiaru, za pomocą dalmierzy laserowych, umożliwia precyzyjne pozycjonowanie robota. Brak zastosowania mechanicznych elementów obrotowych znacząco upraszcza konstrukcję i podnosi jej niezawodność i trwałość. Zastosowanie ogólnie dostępnych dalmierzy laserowych czyni przedmiotowe rozwiązanie konkurencyjnym w stosunku do znanych systemów pozycjonowania robotów mobilnych.

Przedmiot wynalazku uwidoczniono w przykładzie wykonania na rysunku na którym fig 1 przedstawia schematyczny widok robota mobilnego z zamontowanymi dalmierzami oraz powierzchni pomiarowych w rzucie aksonometryczny (od przodu) , fig.2 przedstawia schematyczny widok robota mobilnego z zamontowanymi dalmierzami oraz powierzchni pomiarowych w rzucie aksonometryczny (od tyłu), fig .3 przedstawia schematyczny widok z góry robota mobilnego z zamontowanymi dalmierzami oraz powierzchni pomiarowych , natomiast fig 4 przedstawia zależności geometryczne układu promieni pomiarowych dalmierzy robota mobilnego oraz płaszczyzn lustrzanych powierzchni pomiarowych.

Laserowy system pozycjonowania robota mobilnego według wynalazku zrealizowany został w prototypie robota mobilnego wyposażonego w 6 – kołowy system napędowy, w którym 4 koła umieszczone w narożach obudowy są kołami wleczonymi, natomiast dwa koła napędowe, umieszczone są przy krawędziach bocznych obudowy od wewnątrz w środku długości obudowy robota. Każde koło napędowe poruszane jest oddzielnym silnikiem elektrycznym. Robot

wyposażony jest w układ sterujący w postaci mikrokontrolera firmy STM.

W przednia ścianie obudowy robota mobilnego (1) o wymiarach; szerokość 335 mm i wysokość 150 mm zamontowane są trzy dalmierze laserowe (2),(3) i(4) firmy Shenzhen More-Suns Electronic Co.,Ltd

Ścianka czołowa obudowy każdego z dalmierzy laserowych wynosi szerokość 42 mm wysokość 18 mm

Dalmierze nr. 1(2) i nr. 2 (3) zamontowane są w pionie jeden nad drugim .

Odległość pomiędzy środkiem symetrii obudowy dalmierza nr. 1(2) a środkiem symetrii obudowy dalmierza nr. 2 (3) wynosi 80 mm.

Środki symetrii dalmierzy nr. 1(2) i nr. 2 (3) leżą na osi pionowej przedniej ściany obudowy robota mobilnego.

Dalmierze nr. 1(2) i nr. 3 (4) zamontowane są w poziomie jeden obok drugiego. Odległość pomiędzy środkiem symetrii obudowy dalmierza nr. 1(2) a środkiem symetrii obudowy dalmierza nr. 3 (4) wynosi 136 mm.

Znacznik referencyjny składa się z dwóch skrzyżowanych płaskich, lustrzanych powierzchni pomiarowych, umieszczonych jedna nad drugą, przy czym górna powierzchnia pomiarowa (5) odchylona jest od płaszczyzny dolnej powierzchni pomiarowej(6) o kąt $\alpha = 25^{o}$. Lustrzana powierzchnia pomiarowa dolna stanowi prostokąt o wymiarach wysokość 94 mm i długości 600 mm. Natomiast górna lustrzana powierzchnia pomiarowa stanowi prostokąt o wymiarach wysokość 71 mm i długości 600 mm. Powierzchnie pomiarowe są połączone ze sobą po stronie odwrotnej do lustrzanej w sposób umożliwiający ustawienie wymaganego kąta α . Środek odległości pomiędzy zamontowanymi w pionie jeden nad drugim dalmierzami nr. 1(2) i nr. 2 (3) znajduje się na wysokości 96 mm od podłoża , co

odpowiada wysokości dolnej lustrznej powierzchni pomiarowej stanowiącej element zancznika referencyjnego.

Laserowy system pozycjonowania robota mobilnego według wynalazku spowoduje uproszczenie konstrukcji oraz obniżenie kosztów wytworzenia robotów mobilnych przeznaczonych do automatyzacji przemysłowego transportu i logistyki.

Rzecznik Patentowy
(2534)
mgr inż. Andrzej Rogowski