

ROBOT MOBILNY UTRZYMUJĄCY STAŁĄ ODLEGŁOŚĆ OD ŚCIANY

Maciej Kopeć, Natalia Kras,

Michał Kubik, Mikołaj Murek

AGH Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica

Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki,

Katedra Robotyki i Mechatroniki,

Al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

mkopec@student.agh.edu.pl, nataliakras@student.agh.edu.pl,

mkubik@student.agh.edu.pl, murek@student.agh.edu.pl

SŁOWA KLUCZOWE: robot rozpoznający i omijający przeszkody, pojazd gąsienicowy a'la czołg, LEGO mindstorms EV3.

STRESZCZENIE: W dzisiejszych czasach możemy zaobserwować coraz dynamiczniej rozwijający się nurt w przemyśle, czy też motoryzacji jakim są pojazdy autonomiczne. Można spotkać coraz to więcej maszyn, prototypów, pojazdów wykorzystujących i tym samym propagujących rozwój technologiczny w tym właśnie kierunku. Inspiracja tą tematyką zachęciła nas do zrealizowania projektu, któremu przyświecał cel zaprojektowania, skonstruowania oraz przetestowania robota poruszającego się wzdłuż pewnej powierzchni pionowej nie mając z nią kontaktu.

1. Wstęp

Naszym celem było napisanie i przetestowanie na drodze eksperymentalnej programu oraz konstrukcja części elektronicznej robota. Celem projektu jest uzyskanie systemu bardzo elastycznego, ale niezawodnego, łatwego do zmiany i rozbudowy, ale także łatwego w utrzymaniu.

Na rynku jest wiele podobnych systemów, ale rozwiązania te są zazwyczaj drogie i skomplikowane w utrzymaniu. Nasz system wykorzystuje gotowe części i działa na darmowym oprogramowaniu, co pozwala producentowi na redukcję kosztów i zwiększenie wydajności pracy.

Do wykonania naszego projektu wykorzystaliśmy zestaw Lego mindstorms EV3. Nasz robot za pomocą sensorów ultradźwiękowych ma mierzyć i utrzymywać stałą odległość od ściany.

W celu zoptymalizowania działania naszego robota i zapewnienia jak najlepszego stosunku kosztów do funkcjonalności, opracowaliśmy tablice morfologiczną, w której zestawiamy ze sobą różne rozwiązania w wybranych przez nas kategoriach. Dzięki temu spośród licznych rozwiązań wybraliśmy to najlepsze. Tablica morfologiczna znajduje się w załączniku na końcu dokumentu.

Pracując nad naszym projektem zdecydowaliśmy się na pojazd mobilny gąsienicowy na względu na większą mobilność na zakrętach tego typu

pojazdów niż np. pojazdów na kołach. Kolejnym powodem tego wyboru był zamiar zniwelowania oscylacji pojazdu względem ściany oraz innych obiektów omijanych przez robota. Oscylacje te mogłyby wynikać ze względu na różnice w pomiarach dokonywanych przez czujniki zbliżeniowe oraz próby automatycznej stabilizacji toru jazdy pojazdu.

Kolejnym z rozwiązań tego problemu może być uwzględnienie pewnego marginesu błędu pomiaru czujników w programie, aby zmiany te nie były tak drastyczne.

W celu zapewnienia wszechstronności w kierunkach poruszania się robota użyliśmy dwóch czujników zbliżeniowych na bokach pojazdu oraz jeden czujnik zbliżeniowy z przodu i z tyłu, które mają za zadanie wykrywać przeszkody, bądź też róg wewnętrzny. Poniżej prezentujemy poglądowe zdjęcia naszego robota.

2. Cel i zakres pracy

Celem pracy było napisanie schematu blokowego algorytmu sterującego robotem, który miał za zadanie utrzymywać stałą odległość od ściany.

W rozdziale 1 dokonano wprowadzenia do tematu obejmującego podstawowe założenia działania algorytmu robota utrzymującego stałą odległość od ściany.

W rozdziale 2 przedstawiono cel i zakres pracy.

W rozdziale 3 przybliżono schemat budowy robota wraz z oznaczeniami poszczególnych komponentów elektronicznych.

W rozdziale 4 opisano zastosowane rozwiązania.

W rozdziale 5 przedstawiono przegląd istniejących rozwiązań zagadnienia.

W rozdziale 6 zawarto podsumowanie pracy oraz opis wyciągniętych wniosków.

Rozdział 7 zawiera bibliografię.

Na końcu pracy dołączono załączniki.

3. Schemat budowy robota

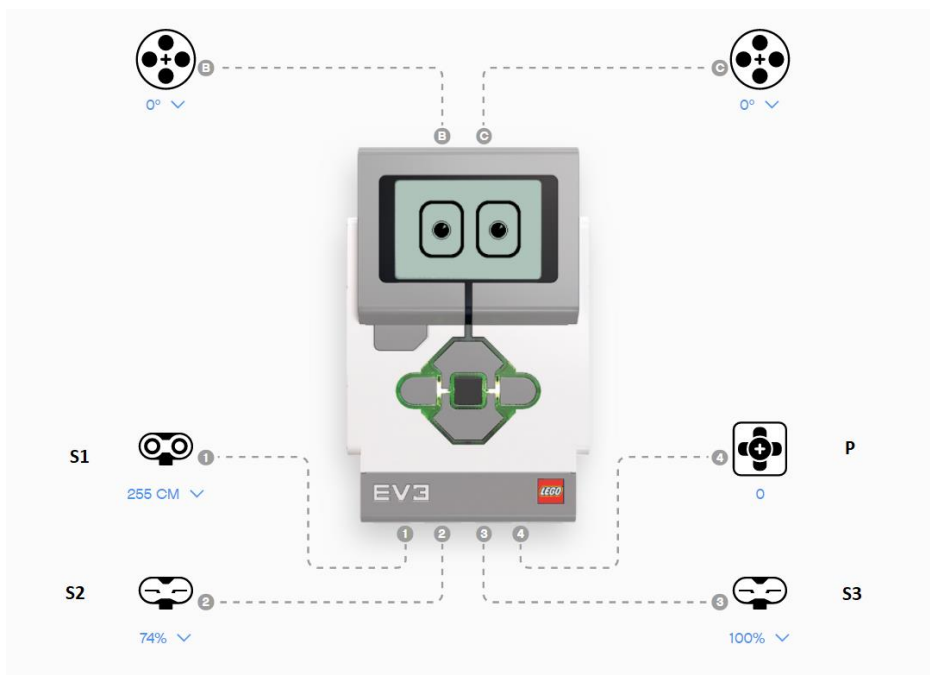
Zdjęcie 1. przedstawia schemat podłączenia do klocka inteligentnego wykorzystanych przez nas czujników, sensorów oraz silników.

S1 - czujnik ultradźwiękowy, umiejscowiony z przodu pojazdu, nad zderzakiem o zasięgu od 1 cm do 255 cm.

S2 - czujnik infrared umiejscowiony nad kołem napędowym po prawej stronie (z przodu) zasięg od 0 cm do 70 cm.

S3 - czujnik infrared, umiejscowiony po prawej stronie, z tyłu pojazdu pod kątem 45°.

P - przycisk umieszczony za przednim zderzakiem, zwraca wartość binarną 0 - zderzak niewciśnięty; 1 - zderzak wciśnięty w skutek zderzenia z przeszkodą

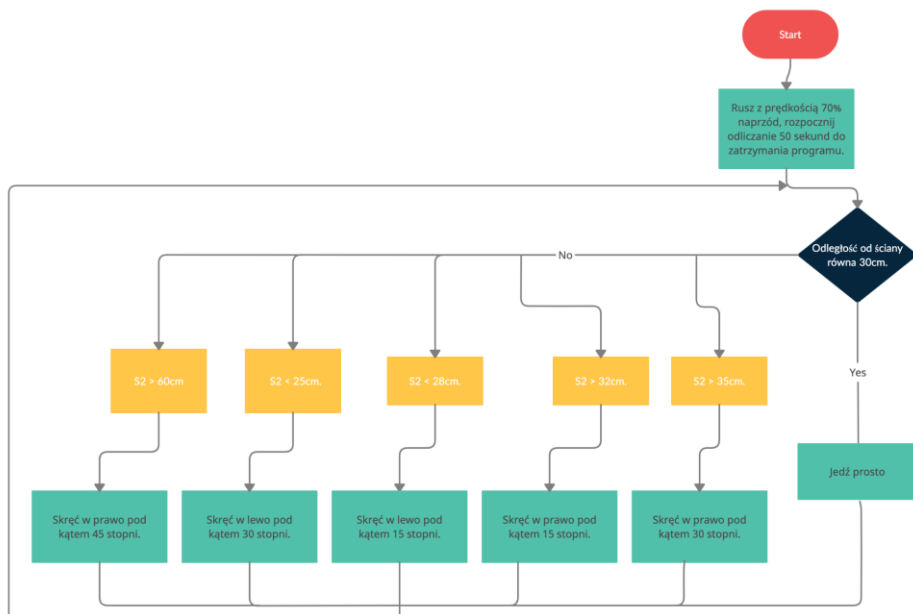


Zdj. 1. Schemat podłączenia komponentów

4. Omówienie algorytmu sterującego.

Działanie algorytmu dąży do realizacji serii czynności robota, które pozwolą mu na bezpieczne pokonanie pewnej odległości w pobliżu ściany jak i innych przeszkód napotkanych na drodze.

4.1 Omówienie działania algorytmu na podstawie schematu blokowego.



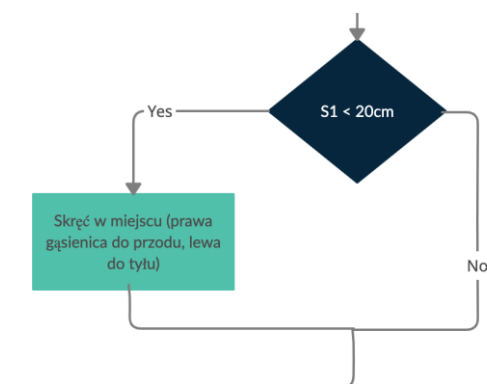
Zdj. 2. Algorytm ustawienia pozycji startowej i warunków skrętu

Robot rozpoczyna ruch startując z prędkością 70% całkowitej prędkości do przodu, jednocześnie odliczając 50 sekund do zakończenia działania programu. Należy wspomnieć, że wartość ta jest zmienną i z łatwością można ją edytować, jednocześnie wydłużając lub skracając czas pracy robota.

W początkowym etapie ruchu, za pomocą dostępnych czujników tj. S2 i S3, robot mierzy odległość od ściany i w przypadku gdy jest ona równa 30 cm jedzie dalej prosto. Podobnie jak w przypadku czasu działania programu wartość tą można z łatwością edytować w celu zwiększenia zastosowania robota.

Jeśli warunek ten nie jest spełniony, jednostka sterująca wysyła polecenia do silników, a te, zmieniając prędkość lub kierunek obrotu, zmieniają tor ruchu robota, dzięki czemu zadaną wcześniej odległość 30 cm zostaje ponownie osiągnięta i robot porusza się po prostej.

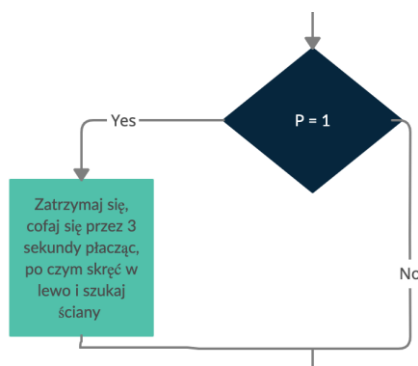
Dzięki zastosowaniu rozbudowanego algorytmu, jesteśmy w stanie wyeliminować możliwość zapętlenia robota i wpadnięcia w ruch oscylacyjny. W zależności od odległości w jakiej wykryta została ściana, jednostka sterująca wysyła komunikat o skręcie w lewo lub prawo o 15° lub 30° . W przypadku skrętu w prawo, możliwy jest również obrót o 45° , co umożliwia robotowi pokonanie narożników zewnętrznych.



Zdj. 3. Algorytm wykrywania przeszkody za pomocą czujnika ultradźwiękowego

Na skutek zastosowania czujnika ultradźwiękowego umieszczonego z przodu pojazdu (na schemacie S1) wyeliminowaliśmy możliwość zderzenia się robota z przeszkodą napotkaną na drodze czy też pokonania narożnika wewnętrznego. W przypadku gdy odległość odczytana przez czujnik S1 jest mniejsza niż 20 cm robot zatrzymuje się i jednocześnie

wykonuje obrót w lewo (lewa gąsienica obraca się do tyłu, prawa obraca się do przodu). Następnie ponownie wraca do początku algorytmu i sprawdza czy znajduje się w odległości 30 cm od ściany, jeśli nie to wykonuje algorytm opisany wyżej.



Zdj. 4. Algorytm zderzenia

W przypadku gdy czujnik S1 nie wykryje przeszkody i uderzy w nią, wykorzystywany jest przycisk (na schemacie P) umiejscowiony za zderzakiem. Po uderzeniu i wykryciu przez przycisk przeszkody, robot zatrzymuje się, po czym cofa przez 3 sekundy, jednocześnie wydając dźwięk płaczu. Po wycofaniu skręca w lewo i ponownie szuka ściany, by osiągnąć od niej zadana odległość 30 cm.

Schemat blokowy w całości znajduje się na profilu naszego projektu na stronie Hackaday.io [3]

W załącznikach zamieszczony jest link do kodu programu napisanego w EV3 Mindstorms Home [4]

4.2 Opis wykorzystanych elementów



Czujnik ultradźwiękowy [5] - czujnik ten generuje fale dźwiękowe oraz odczytuje ich odbicie od przeszkody i poprzez pomiar różnicy czasu od generacji do odczytu echa zwraca nam wartość odległości robota od ściany bądź innej potencjalnej przeszkody. Czujnik ten może także pełnić funkcje odbiornika fal dźwiękowych, potencjalnie komend dźwiękowych.

- - Zakres odczytu : 1 cm - 255 cm
- - Dokładność pomiaru : +/- 1 cm
- - Gdy czujnik jest aktywny świeci się na czerwono



Czujnik podczerwieni (odległościowy) [6] - czujnik ten odczytuje odległość robota od przeszkody na podstawie sygnału, który jest emitowany z nadajnika Infrared oraz zwraca sygnał w postaci procentowej do programu. Reaguje także na sygnał np. od pilota.

- - Zakres odczytu : do 50 - 70 cm
- - Obsługuje 4 kanały sygnałowe
- - Maksymalna odległość od pilota to 2m



Czujnik dotykowy (przycisk/zderzak) [7] - czujnik ten jest przez nas wykorzystany jako element zderzaka dzięki któremu możliwy jest odczyt wartości binarnej używanej w programie robota. Po jego wciśnięciu (czyli zderzeniu robota z przeszkodą) uruchamia się odpowiednia sekwencja programu.



Duży serwomotor [8] - w naszym robocie zastosowaliśmy 2 takie silniki wprawiające lewą oraz prawą gąsienicę w ruch. Dzięki manipulacji prędkościami obrotu poszczególnych silników możemy swobodnie skręcać robotem, np.: Jeśli chcemy skręcić w lewo to obniżamy obroty

na lewej gąsienicy oraz podnosimy ilość obrotów po prawej stronie przez co robot w zależności od mniejszej bądź większej różnicy w prędkości obrotowej poszczególnych silników może kolejno łagodnie lub ostro skręcać. To rozwiązanie pozwala nam także na skręt w miejscu o 180° robotem poprzez odwrócenie kierunku obrotu jednego z silników (tzn. prawa gąsienica w przód, lewa w tył).

- - Prędkość : 160 - 170 RPM
- - Moment obrotowy : 20 Ncm
- - Moment utyku : 40 Ncm
- - Rozdzielczość obrotu : 1 stopień°

5. Przegląd istniejących rozwiązań zagadnienia

W toku konstrukcji prototypu naszego robota natknęliśmy się na wiele opcjonalnych, alternatywnych rozwiązań, czy też kilka możliwych konfiguracji pojedynczego rozwiązania. Na drodze empirycznej dokonywaliśmy często trudnych wyborów ale wyborów trafnych, co wykazały testy.

Mieliśmy dostęp do czujników na podczerwień oraz ultradźwiękowych. Pierwszym naszym wariantem było rozmieszczenie po jednym czujniku na każdą ze stron naszego robota. Eksperymenty natomiast pokazały, że nie jest to rozwiązanie możliwie najbardziej praktyczne. Zdecydowaliśmy się więc na zamieszczenie dwóch czujników na podczerwień po jednej stronie oraz jednego ultradźwiękowego z przodu.

Na początku zdecydowaliśmy się na ustawienie obu czujników bocznych pod kątem 45° do ściany, lecz w finalnej wersji robota czujnik S2 został ustawiony prostopadle dla lepszego odczytu przy zakrętach lecz czujnik tylny pozostał w początkowej pozycji.

Pomimo niezawodności czujnika umieszczonego na przodzie pojazdu, którą wykazywał się on podczas testów. Zdecydowaliśmy się na konstrukcję zderzaka wykorzystującego czujnik dotykowy w celu uniknięcia mało prawdopodobnych, acz jednak możliwych do wystąpienia niepożądanych sytuacji, które skutkować by mogły kolizją i tym samym uszkodzeniem robota.

Nasza grupa przewidywała możliwe dalsze udoskonalenia projektu, czy też kolejne etapy jego rozwoju, na rzecz rozbudowy naszego robota w celu uzyskania większej funkcjonalności oraz poszerzenia wachlarza jego możliwości. Jednym z rozwiązań jest możliwość zdalnego sterowania robotem z poziomu urządzenia mobilnego typu laptopa, tableta czy smartfona. Opcja ta pozwalałaby na dostosowywanie prędkości czy też odległości od powierzchni pionowej. Kolejnym potencjalnym ulepszeniem jest perspektywa innowacji czujników w celu rozpoznawania kolorów oraz typu obiektów jakie stoją na drodze naszego robota. Z myślą o takim udoskonaleniu zastosowaliśmy gąsienicowy układ bieżny, który usprawnia poruszanie się pojazdu na różnych nawierzchniach. Następnym krokiem mogłoby być wprowadzenie opcji sterowania głosowego. Usprawniłoby to zasadniczo nawigację robota przez użytkownika.

6. Wnioski

W rezultacie uzyskano sprawny algorytm umożliwiający wykonanie podstawowego zadania, jakim jest poruszanie się pojazdu w stałej odległości od ściany. Program zapewnia bezpieczne zachowanie się robota w obliczu niechcianych sytuacji, których następstwem mogłoby być uszkodzenie robota i przeszkodzenie mu w dalszym wykonywaniu programu.

Efekt końcowy względem modelu prototypowego odznacza się lepszą sprawnością w testach eksperymentalnych. Większa ilość czujników pozwala mu na omijanie większej ilości przeszkód umiejscowionych wokół robota oraz skutecznie zabezpiecza pojazd przed kolizjami, czy też znalezieniem się w miejscu uniemożliwiającym dalsze poruszanie się.

Umieszczenie EV3 Brick w innym miejscu względem prototypu poskutkowało zwiększeniem możliwości robota w kwestii radzenia sobie z nawierzchnią (jej nachyleniem, strukturą, ukształtowaniem), ponieważ obniżyło to jego środek ciężkości. Dzięki wyżej wspomnianym cechom nabytym przez robota na drodze jego modyfikacji efekt końcowy spełniał wszystkie uprzednio przyjęte założenia, tym samym stając się zadowalającym rezultatem pracy.

7. Bibliografia

- [1] Henryk Brandys; LEGO Mindstorms EV3. Podstawy programowania; Helion; 2020
- [2] [Nauka programowania | Mindstorms | Witamy w oficjalnym sklepie LEGO® PL](#) [Dostęp: 06.06.2021]
- [3] Hackaday.io „Robot utrzymujący stałą odległość od ściany”
<https://hackaday.io/project/179902-robot-utrzymujcy-sta-odlego-od-ciany>
- [4] Link do algorytmu
https://1drv.ms/u/s!AhIzE-ulxBYrgx9P8gKNaU_dS2cd?e=fVkJGm
- [5] Link do czujnika ultradźwiękowego
[Czujnik ultradźwięków EV3 45504 | MINDSTORMS® | Oficjalnym sklepie LEGO® PL](#) [Dostęp: 05.06.2021]
- [6] Link do czujnika podczerwieni
[Czujnik podczerwieni EV3 45509 | MINDSTORMS® | Oficjalnym sklepie LEGO® PL](#) [Dostęp: 05.06.2021]
- [7] Link do czujnika dotykowego
[Czujnik dotykowy EV3 45507 | MINDSTORMS® | Oficjalnym sklepie LEGO® PL](#) [Dostęp: 05.06.2021]
- [8] Link do dużego serwomotoru
[Duży serwomotor EV3 45502 | MINDSTORMS® | Oficjalnym sklepie LEGO® PL](#) [Dostęp: 05.06.2021]

Stosowane oprogramowanie:

- Autodesk Fusion 360
- Mindstorms Home
- Creately.com