

KONKURS NA NAJLEPSZE PRACE DYPLMOWE WIMiR

XII Konkurs Na Najlepsze Prace Dyplomowe Wydziału Inżynierii Mechanicznej i Robotyki 2019/2020 – prace inżynierskie



Paweł DUDEK
AiR



Analiza możliwości wykorzystania manipulatora do nadawania ruchu obiektom na przykładzie siedmioosiowego robota YuMi firmy ABB

Analysis of exemplary application of ABB seven axis YuMi to setting objects into motion

promotor: dr hab. inż. Wojciech Lisowski – Katedra Robotyki i Mechatroniki

Streszczenie:

Celem niniejszej pracy było przeanalizowanie możliwości wykorzystania robota przemysłowego do nadawania ruchu obiektom przez kontrolowane uderzenie końcem ramienia robota w dany obiekt. Przedstawiono przegląd literatury dotyczącej zderzeń obiektów swobodnych oraz z udziałem mechanizmów. Zawarto także podobne problemy inżynierskie dotyczące zderzeń w technice. Następnie z użyciem pakietu do symulacji układów wielomasowych przeprowadzono wstępną analizę porównującą nadawanie ruchu z użyciem obiektu uderzającego liniowo, wahadła oraz prostego manipulatora. Wyciągnięte z tej części pracy wnioski zastosowano w kolejnym etapie pracy, przygotowując program robota przemysłowego „YuMi” firmy ABB. Wyodrębniono wszystkie czynniki w programie RAPID wpływające na osiągi robota oraz skuteczność nadania ruchu. Przygotowany program przetestowano w symulacji programu RobotStudio dedykowanym do robotów firmy ABB. Po pozytywnych testach przeprowadzono eksperymenty mające na celu dostosowanie parametrów aby usprawnić działanie robota. Sprawdzone także możliwości dostosowania układu sterowania IRC 5 z użyciem parametrów konfiguracyjnych. Przeanalizowano zarówno aspekty bezpośrednio dotyczące robota, jak ułożenie ramienia czy kąty nachylenia toru ruchu, ale także nie dotyczące go między innymi ułożenie obiektu wzdłuż toru uderzenia oraz właściwości materiału obiektu oraz efektora robota. Po pomyślnych testach w środowisku symulacyjnym rozpoczęto eksperymenty na rzeczywistej jednostce robota. Sprawdzone wyniki z poprzednich etapów pracy a także przeprowadzono dodatkowe testy. W wyniku analizy osiągi robota uległy około dwukrotnej poprawie. Pierwsze uderzenia robota wykonywane były z prędkością 700 mm/s z kolei końcowe po wszystkich zmianach i usprawnieniach osiągały prędkość ok 1300-1400 mm/s. Na zakończenie prac zawarto końcowe wnioski podsumowujące wykonane zadanie inżynierskie oraz zdobytą w trakcie analizy wiedzę. Treść pracy uzupełniono dwoma załącznikami. W pierwszym zawarto program w języku RAPID z jednego z eksperymentów natomiast w drugim kod źródłowy skryptu programu Octave służący do przetwarzania dużej ilości danych które były otrzymywane w trakcie tych testów.

Cel pracy

Szczegółowa analiza możliwości wykorzystania ramienia robota do nadawania ruchu obiektowi, poprzez kontrolowane zderzenie końca łańcucha kinematycznego z danym obiektem.

Cele szczegółowe:

- przedstawienie i analiza czynników mających znaczenie w aplikacji robota nadającego ruch uderzanym obiektom
- użycie symulacji w programie RobotStudio do przeprowadzenia testów na wirtualnym robocie
- przeprowadzenie eksperymentów z użyciem rzeczywistego robota IRB 14000 „YuMi” firmy ABB

IRB 14000 „YuMi”



W pracy wykorzystano robota firmy ABB o wyjątkowej konstrukcji. IRB 14000 jest wyposażony w dwa ramiona obsługiwane przez jeden układ sterowania. Oba ramiona składają się z 7 osi co przekłada się na dodatkową elastyczność. Dzięki swojej konstrukcji oraz oprogramowaniu „YuMi” jest robotem współpracującym, bezpiecznym dla ludzi w jego otoczeniu. Odpowiednie ograniczenia udźwigu, prędkości oraz przyspieszeń skutkują stosunkowo niską energią kinetyczną ramienia. Robot „YuMi” posiada wszystkie niezbędne certyfikaty bezpieczeństwa. Jest pierwszym w pełni współpracującym robotem w myśl idei przemysłu 4.0. Ze względu na elastyczność i szerokie możliwości zastosowania robot ten nadaje się do niestandardowych aplikacji.

Nadawanie ruchu obiektom

Analizie poddano nadawanie ruchu obiektowi w przestrzeni robota poprzez chwilowy kontakt końcówki ramienia robota z danym obiektem. Aby zwiększyć zasięg pracy robota na flanszy zamontowano długie narzędzie umożliwiające proste i środkowe zderzenie z obiektem. Program robota składał się z instrukcji ruchu oraz części wyliczających wszystkie parametry ruchu.

W pracy wyodrębniono i zbadano następujące parametry programu wpływające na efekty uderzania obiektu:

Instrukcja ruchu	Definicja robtargetów
<input type="checkbox"/> robtargety	<input type="checkbox"/> odległości punktu startowego oraz końcowego od obiektu
<input type="checkbox"/> zadana prędkość ruchu	<input type="checkbox"/> pozycja uderzanego obiektu w przestrzeni roboczej
<input type="checkbox"/> parametr strefy	<input type="checkbox"/> kąty Eulera określające kierunek uderzenia
<input type="checkbox"/> definicja narzędzia	<input type="checkbox"/> konfiguracja ramienia robota
	<input type="checkbox"/> wartość siódmej osi ramienia robota

Eksperymenty w symulacji i rzeczywiste

Do symulacji działania robota oraz jego otoczenia użyto programu Robot Studio firmy ABB. W pierwszym etapie wyodrębniono wszystkie czynniki wpływające na działanie robota w badanej aplikacji. Następnie wyznaczono wartości danych parametrów dające w symulacji najlepsze rezultaty. Duże znaczenie miały takie parametry jak długość drogi uderzenia, wartość 7 osi ramienia, kąt nachylenia do płaszczyzny czy położenie obiektu w przestrzeni. Na koniec wyodrębniono cztery zależne od siebie parametry znacząco wpływające na osiągi robota. Przeprowadzono test polegający na przeszukaniu przestrzeni parametrów w celu znalezienia wartości, dla których prędkość uderzenia jest największa. Te parametry to:

- ☐ wartość siódmej osi w definicji robtargetu
- ☐ współrzędna x w przestrzeni robota
- ☐ współrzędna y w przestrzeni robota
- ☐ różny kąt uderzenia

Wynik tego eksperymentu przedstawiono w tabeli obok, zestawiając z wynikami podobnego eksperymentu na jednostce rzeczywistej.

Opis	Kąt siódmej osi, stopnie	Odsunięcie na osi x, mm	Odsunięcie na osi y, mm	Prędkość maksymalna, mm/s
Najlepsze w rzeczywistości	190	130	-70	1345.665
Najlepsze w symulacji	195	120	-60	1362.142

Kolejnym etapem były eksperymenty z użyciem rzeczywistego robota „YuMi”. Wykonano sprawdzenie wszystkich wyników i wniosków z symulacji. Przeprowadzono także dodatkowe badania, między innymi zbadano pobór mocy i zużycie energii w czasie uderzenia, sprawdzono jak wpłynie na uderzenie zmiana kierunku ruchu w trakcie uderzania a także zbadano i opisano uderzenie różnych obiektów takich jak: puste i pełne pudełko kartonowe, gąbka czy rolka taśmy aluminiowej.



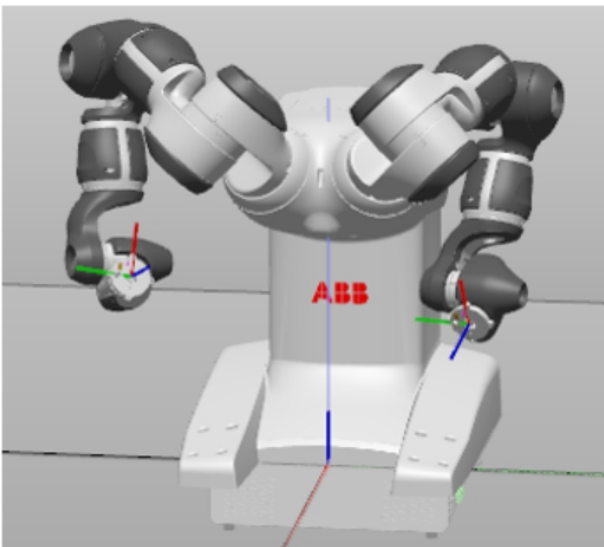
Praca została zrealizowana we współpracy z Korporacyjnym Centrum Technologicznym ABB w Krakowie.

Wynik analizy

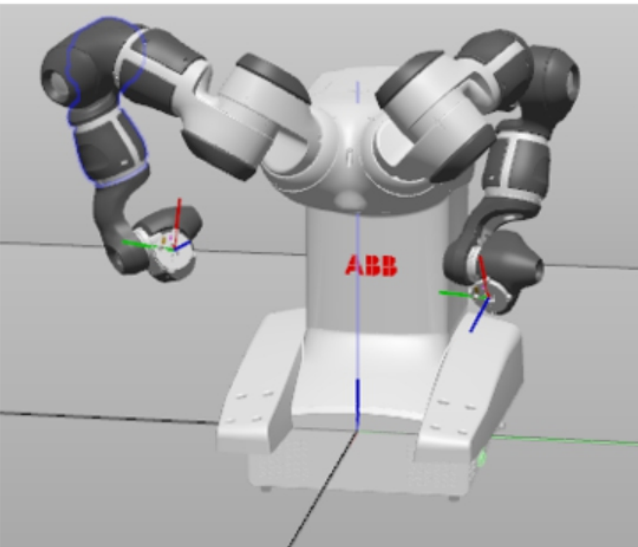
W pracy dowiedziono, że nadawanie ruchu obiektom poprzez kontrolowane zderzenie z manipulatorem robota jest możliwe a co więcej skuteczne i bezpieczne. Główne wnioski:

- Użycie manipulatora do nadawania ruchu obiektom jest możliwe i skuteczne
- Symulacja z dużą dokładnością oddaje pracę rzeczywistej jednostki a także otoczenia robota
- Opisane w pracy czynniki dotyczące programu, parametrów konfiguracyjnych układu sterowania oraz parametrów fizycznych zderzenia mają duży wpływ na efekty operacji zatem warto je znać i dostosowywać

Jednym z badanych parametrów była zmienna określająca wartość 7 osi ramienia w trakcie uderzenia. Na podstawie wyników wstępnych testów stwierdzono, że parametr ten znacząco wpływa na efekty, ponieważ zmienia ułożenie poszczególnych członów w trakcie ruchu. Poniżej przedstawiono przykładowe ułożenia prawego ramienia robota i odpowiadające im prędkości uderzenia:



Siódma oś: 115 stopni



Siódma oś: 150 stopni

Vmax: 1272 mm/s

Vmax: 1225 mm/s

Duże znaczenie mają również wartości parametrów konfiguracyjnych układu sterowania IRC 5, które pozwalają na dostosowanie działania robota w zależności od aplikacji. Pogarszając dokładność odwzorowania ścieżki osiągnięto wzrost prędkości maksymalnej ruchu w trakcie uderzenia:

