

ZAAWANSOWANE TECHNIKI STEROWNIA ROBOTAMI MOBILNYMI

W referacie przedstawiono zaawansowane techniki sterowania robotami mobilnymi. Rozważane są dwa cele sterowania; sterowanie do punktu oraz odtwarzanie zadanej trajektorii na płaszczyźnie. W referacie zastosowano ciągle prawa sterowania zależne od czasu. Jedno z nich polega na zastosowaniu koncepcji oscylatora kinematycznego [1] oraz tzw. metodę funkcji transwersalnych [2]. Podstawy teoretyczne każdej i nich zostaną przedstawione w sposób systematyczny na przykładzie ich zastosowania do prostego wózka dwukółowego z możliwymi rozszerzeniami na inne struktury robotów mobilnych. W oparciu o techniki Lapunowa zostanie udowodniona stabilność wykładnicza do tunelu błędu o skończonej dowolnie małej szerokości, jednak różnej od zera. Jest to tzw. stabilność praktyczna chętnie wykorzystywana przez wielu autorów.

Rozważania teoretyczne zostaną bogato zilustrowane przykładami symulacyjnymi dla robota dwukółowego oraz robota czterokołowego bez możliwości skrętu kół. W kolejności zostaną zaprezentowane badania eksperymentalne dla dwóch wspomnianych konstrukcji robotów. W podsumowaniu przedstawiono pewne propozycje dotyczące kształtowania przebiegów przejściowych oraz czasów regulacji dla tych sterowań, które są nie trywialnym problemem praktycznym.

ADVANCED CONTROL TECHNIQUES FOR MOBILE ROBOTS

In this paper advanced control techniques for mobile robots are presented. A set point control and trajectory control are considered. Control techniques are based on state feedback which depends explicitly on time. The first one is based on a kinematic oscillator [1] and the second one is based on transverse functions [2]. Both methods are presented in a systematic manner and derived for an example of two wheeled robot with possible extensions to other mobile robot structures. Based on Lyapunov technique exponential stability to assumed boundary error, however to equal to zero, will be outlined. This kind of stability is known as a practical stability.

Theoretical considerations are illustrated by simulation and experimental results. In concluding remarks some suggestions how to shape the transient states and regulation time are given.

STRESZCZENIE

Kołowe roboty mobilne stosowane szeroko w praktyce są urządzeniami mechanicznymi na które nakłada się zwykle ograniczenia nieholonomiczne. Te ostatnie z matematycznego punktu widzenia są niecałkowalne, tzn. dla więzów prędkościowych opisujących te roboty nie można znaleźć funkcji pierwotnej. Z fizycznego punktu widzenia jeżeli ograniczenie nieholonomiczne nie jest spełnione to pojazd wpada w poślizg. Zatem dla bezpiecznej jazdy pojazdem mobilnym konieczne staje się spełnienie tego warunku. Dla prostego wózka dwukołowego z niezależnym napędem na każde z kół dla opisu jego położenia i orientacji w płaskim układzie kartezjańskim potrzebne są trzy współrzędne; dwie dla położenia i jedna dla orientacji. Ponieważ w układzie występują dwa napędy czyli dwa sygnały sterujące (mogą to być napięcia, prądy lub momenty napędowe silników z zależności od zastosowanej realizacji technicznej na poziomie serwonapędu) zatem pojawia się istotna trudność wynikająca z większej liczby zmiennych stanu od liczby sygnałów sterujących. Okazuje się, że dla innych pojazdów kołowych sytuacja jest analogiczna.

R. Brockett w roku 1983 [1] pokazał, że układy o których mowa powyżej (które należą do szerszej klasy układów z liczną sygnałów sterujących mniejsza niż liczba zmiennych stanu) są sterowalne natomiast nie są stabilizowalne w zerze za pomocą sprzężenia zwrotnego zależnego bezpośrednio od stanu. Aby rozwiązać ten trudny problem Brockett udowodnił, że sygnały sterujące powinny zależeć bezpośrednio od czasu. Innym sposobem, rozwiązaniem tego problemu jest propozycja polegająca na odpowiednim przełączaniu sygnałów sterujących, czy też sposób będący kombinacją dwóch wspomnianych wcześniej. Takie techniki sterowania robotami mobilnymi nazywamy zaawansowanymi technikami sterowania.

W referacie mowa jest o dwóch celach sterowania; sterowanie do punktu oraz odtwarzanie zadanej trajektorii na płaszczyźnie. Są to dwa zasadnicze cele z którymi użytkownik robotów mobilnych spotyka się w praktyce. Realizacja pierwszego celu sterowania jest zawsze trudniejsza co wynika z faktu, że zadana trajektoria zwykle zależy od czasu i może być w pewnym sensie traktowana jako dodatkowy sygnał, który zależy bezpośrednio od czasu. W referacie zastosowano ciągłe prawa sterowania zależne od czasu. Jedno z nich polega na zastosowaniu koncepcji oscylatora kinematycznego [2] oraz tzw. metodę funkcji transwersalnych [3]. Podstawy teoretyczne każdej z nich zostaną przedstawione w sposób systematyczny na przykładzie ich zastosowania do prostego wózka dwukołowego z możliwymi rozszerzeniami na inne struktury robotów mobilnych. W oparciu o techniki Lapunowa zostanie udowodniona stabilność wykładnicza do tunelu błędu o skończonej dowolnie małej szerokości, jednak różnej od zera. Jest to tzw. stabilność praktyczna chętnie wykorzystywana przez wielu autorów.

Rozważania teoretyczne zostaną bogato zilustrowane przykładami symulacyjnymi dla robota dwukołowego oraz robota czterołowego bez możliwości skrętu kół. W kolejności zostaną zaprezentowane badania eksperymentalne dla dwóch wspomnianych konstrukcji robotów. W podsumowaniu przedstawione zostaną pewne propozycje dotyczące kształtowania przebiegów przejściowych oraz czasów regulacji dla tych sterowań, które są nie trywialnym problemem praktycznym.

LITERATURA

- [1] R.W.Brockett, Asymptotic Stability and Feedback Stabilization, Differential Geometric Control Theory, edited by R.W. Brockett, R.S.Milman and H.J.Susman, Birkhauser, Boston, 181-191, 1983.
- [2] W.E.Dixon, D.M. Dawson and A.Behal, Nonlinear Control of Wheeled Mobile Robots, Springer Verlag, 2001.
- [3] P.Morin, C.Samson, Practical Stabilization of Driftless Systems on Lie Groups: the Transverse Function Approach, IEEE Transactions on Automatic Control, Vol. 48, 1496-1508, 2003.