ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLASKIEJ 2006
Seria: AUTOMATYKA z. 145 Nr kol. 1728

Krzysztof SKRZYPCZYK
Politechnika Śląska

PREDYKCYJNE STEROWANIE RUCHEM ROBOTA MOBILNEGO PRZY OGRANICZENIACH CZASOWYCH

Streszczenie. W pracy zaprezentowano metodę sterowania ruchem robota mobilnego w kierunku ruchomego celu, przy założonych ograniczeniach czasowych na realizację zadania. Przedstawiono metodę predykcji stanu ruchomego obiektu oraz algorytm jego śledzenia działający w przypadku niepewnej informacji. Działanie prezentowanych metod zilustrowano przykładami symulacyjnymi.

PREDICTIVE CONTROL OF A MOBILE ROBOT MOTION WITH TIME CONSTRAINTS

Summary. In this work a method of navigating a robot toward a moving target is discussed. Fast algorithm of prediction as well as the algorithm of tracking the target based on a game theoretical approach are presented in the paper. Results of simulations are presented to prove efficiency of the proposed approach.

1. Wprowadzenie

Problem planowania ruchu jest podstawowym zagadnieniem rozważanym podczas projektowania systemów sterowania robotem mobilnym. Istotą problemu jest znalezienie prawa sterowania (problem ciągły w czasie) czy też sekwencji sterowań (problem dyskretny), umożliwiających bezkolizyjną zmianę konfiguracji robota z bieżącej do zadanej docelowej. W przypadku gdy model przestrzeni roboczej jest nieznany lub co więcej, jeśli może ulegać częstym zmianom, problem planowania ruchu staje się złożony. Dodatkowo, jeżeli dopuszcza się, iż cel może się poruszać, zagadnienie staje się jeszcze trudniejsze do rozwiązania [3][5]. W praktyce taka postać problemu ma miejsce podczas projektowania systemów sterowania robotów dedykowanych do realizacji zadań polegających na interakcji typu człowiek-maszyna (ang. human-robot interaction tasks)[7]. Wówczas poruszający się człowiek, z punktu widzenia systemu sterowania robota, jest interpretowany jako ruchomy cel nawigacyjny. Podczas rozwiązywania tak postawionego problemu konieczne jest rozważenie dwóch istotnych zagadnień: predykcji stanu oraz problemu śledzenia ruchomego celu. Znaczenie pierwszego z wymienionych jest intuicyjnie jasne. Im lepsza predykcja przyszłego stanu celu, tym lepsza jakość trajektorii śledzenia, która może być zaplanowana. Problem predykcji jest dobrze znany i często rozważany w literaturze. Dokonując przeglądu metod, można wyróżnić dwie istotne grupy. Pierwsza, chyba najliczniejsza, to grupa metod bazujących na filtracji Kalmana [1][6]. Druga grupa – to metody wykorzystujące podejście probabilistyczne, a w szczególności metoda *particle filter* [4]. Wyżej wymienione metody cechują się elegancją i dużą uniwersalnością, dlatego są bardzo często stosowane w zagadnieniach związanych z robotyką. Dają one również dobre estymaty stanu, lecz tylko dla krótkich horyzontów predykcji. Ponadto, są dosyć złożone pod względem obliczeniowym. W niniejszej pracy zaprezentowano metodę bazującą na wykorzystaniu idei aproksymacji ciągów czasowych zmiennych stanu metodą najmniejszych kwadratów. Metoda ta, chociaż mniej uniwersalna od wyżej wymienionych, daje dobre rezultaty w zakresie predykcji położenia ruchomych obiektów, nawet dla stosunkowo długich horyzontów predykcji.

Kolejna kwestia to problem śledzenia celu. Jeśli trajektoria celu jest znana, problem jest stosunkowo prosty. Natomiast jeżeli bazujemy tylko na predykcji celu, nierzadko obarczonej sporym błędem, to problem staje się o wiele trudniejszy. W prezentowanej pracy przedstawiono metodę, która modeluje proces śledzenia celu jako grę o sumie zerowej pomiędzy dwoma wirtualnymi graczami: systemem sterowania i naturą postrzeganą jako źródło niepewności predykcji.

Działanie przedstawionej metody zilustrowano przykładowymi symulacjami zrealizowanymi w środowisku programowym MATLAB.

2. Sformułowanie problemu

W dalszej części pracy rozważany będzie proces syntezy dyskretnego układu sterowania robotem mobilnym, działającego z okresem próbkowania Δt. Oznaczmy stan robota w dyskretnej chwili czasu n jako:

$$X(n) = [x_r(n), y_r(n), \Theta_r(n)]^T \tag{1}$$

gdzie elementy wektora oznaczają odpowiednio współrzędne położenia i orientacji robota, mierzone w układzie współrzędnych skojarzonym z przestrzenią roboczą. Dalej, zakłada się, iż robot posiada różnicowo sterowaną platformę jezdną. Sterowanie ruchem robota w dyskretnej chwili czasu oznaczmy jako:

$$u(n) = [v(n), \omega(n)]^T \tag{2}$$

gdzie elementy wektora oznaczają prędkość postępową środka ciężkości platformy jezdnej oraz prędkość obrotową platformy mierzoną względem jej środka ciężkości. Cel porusza się wzdłuż trajektorii, której model nie jest znany. Stan celu w chwili n oznaczamy przez:

$$P(n) = [x_T(n), y_T(n)]^T \tag{3}$$

Problem rozważany w dalszej części pracy można przedstawić w sposób następujący: Znaleźć H-elementowy wektor sterowań:

$$U^* = [u(n), u(n+1), ..., u(n+H-1)]^T, \tag{4}$$

który pozwoli na osiągnięcie celu przez robot w chwili $t_H = (n+H)\Delta t$, czyli:

$$\| X(t_H) - P(t_H) \| \le \varepsilon_T \tag{5}$$

gdzie ε_T oznacza z góry zadaną odległość, zwaną dalej dokładnością śledzenia.

3. Opis metody

Proces syntezy efektywnej metody rozwiązującej sformułowany wyżej problem wymaga rozwiązania dwóch zasadniczych zagadnień. Pierwsze z nich to problem predykcji położenia ruchomego celu, od którego rozwiązania zależy jakość generowanej trajektorii, zbliżającej robot do celu. Druga kwestia, to problem syntezy algorytmu śledzącego, odpornego na błędy predykcji celu. W tym rozdziale zaprezentowane zostanie rozwiązanie powyższych zagadnień.

3.1. Metoda predykcji

Problem predykcji rozumiany w sensie niniejszej pracy jest sformułowany w sposób następujący. Mając dane informacje o obecnym i M przeszłych stanach celu:

$$P(n-M), ..., P(n-2), P(n-1), P(n) \tag{6}$$

znaleźć estymatę przyszłego stanu w chwili t_H:

$$\hat{P}(t_H) \quad t_H = (n+H)\Delta t \tag{7}$$

gdzie liczba H będzie odtąd nazywana horyzontem predykcji. Ideę proponowanej metody predykcji można przedstawić w sposób następujący. Niech $t_n = n\Delta t$ oznacza chwilę bieżącą, w której rozpoczyna się działanie algorytmu. Używając danych o przeszłych stanach obiektu (6), poszukujemy modelu trajektorii $\hat{P}$ obiektu, na bazie którego estymowany będzie jego przyszły stan. W prezentowanej pracy model ten budowany jest w oparciu o metodę regresji wielomianowej. Ruch obiektu modelujemy jako czasowy przebieg zmienności jego zmiennych stanu:

$$\hat{P} = \begin{bmatrix} \hat{x}_T = f_x(t) \\ \hat{y}_T = fy_x(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_x t^2 + b_x t + c_x \\ a_y t^2 + b_y t + c_y \end{bmatrix} \quad t = (n-M)\Delta t, (n-M-1)\Delta t, ... \tag{8}$$

Nieznane współczynniki w równaniach (8) wyznaczamy stosując metodę najmniejszych kwadratów. Bazując na otrzymanym modelu (8), wyznaczamy estymatę hipotetycznego położenia celu (7). Łatwo wyróżnić co najmniej dwa czynniki, mające wpływ na skuteczność metody. Pierwszy z nich – to ilość danych M o przeszłych stanach obiektu. Drugi – to zmienność ruchu, a zatem kształt trajektorii celu. Jeśli kierunek ruchu celu zmienia się często i w sposób gwałtowny, oznacza to faktycznie, iż jego ruch jest nieprzewidywalny, a zatem estymata otrzymana przy użyciu modelu (8) będzie obarczona sporym błędem. Zatem, aby zapewnić poprawne działanie metody, potrzebne jest użycie sprzężenia zwrotnego od bieżącego stanu śledzonego obiektu. Jeżeli w trakcie realizacji planu otrzymanego na bazie (8), w danej chwili t_k $<t_H$ błąd predykcji:

$$\varepsilon(t_k) = \left\| P(t_k) - \hat{P}(t_k) \right\| \tag{9}$$

jest większy niż zadana dokładność śledzenia ε_T, wtedy następuje wyznaczenie nowych współczynników modelu (8) w oparciu o aktualne dane $P(k-M),...,P(k-2),P(k-1),P(k)$. Następnie skróceniu ulega horyzont predykcji $H=H-k$ oraz wyznaczenie nowej estymaty stanu celu (7).

3.2. Algorytm śledzenia

Mając wyznaczoną predykcję (7) położenia celu, poszukujemy wektora sterowań (4), zapewniającego osiągnięcie z zadaną dokładnością celu przez robot. Ze względu na fakt, iż predykcja (7) może być obarczona sporym błędem, aby zapewnić efektywne śledzenie celu, projektowany algorytm planowania ruchu powinien uwzględniać ten fakt. W prezentowanej pracy do syntezy algorytmu planowania ruchu zaproponowano metodę wykorzystującą elementy teorii gier [2]. Proces sterowania ruchem robota, w każdej dyskretnej chwili czasu postrzegany jest jako klasyczny, dyskretny problem decyzyjny o sumie zerowej. Pierwszy uczestnik procesu to system sterowania, którego celem jest minimalizacja dystansu pomiędzy platformą jezdną a celem. Drugi postrzegany jest jako „natura" będąca źródłem błędów predykcji. Zdefiniujmy zatem problem decyzyjny, związany z dyskretną chwilą czasu t jako trójkę:

$$G(t) = \{N, I(t), A(t)\} \quad t = n\Delta t, (n+1)\Delta t, ..., (n+H-1)\Delta t \tag{10}$$

gdzie $N=2$ oznacza liczbę graczy, $I: A \to \Re$ to funkcja określająca wysokość kosztów związanych z podjęciem przez graczy określonych decyzji należących do przestrzeni decyzyjnej A. W rozważanym przypadku, w danej chwili czasu t funkcja I ma postać:

$$I = f(a_1(t), a_2(t), X(t), \hat{P}(t_H)) \tag{11}$$

gdzie $a_1 \in A_1$, $a_2 \in A_2$ oraz $A = A_1 \times A_2$ jest nazywana przestrzenią decyzyjną problemu. Aby zdefiniować problem (10), należy zatem znaleźć analityczną postać funkcji (11) oraz określić dyskretną postać zbiorów decyzyjnych A_1 i A_2. Rozpoczniemy od zdefiniowania zbioru decyzyjnego skojarzonego z pierwszym graczem. Decyzje, które mogą być podejmowane przez system sterowania robotem to wybór odpowiednich wartości prędkości liniowej i kątowej platformy jezdnej. Obie prędkości mogą się zmieniać w zadanych granicach od wartości minimalnej do maksymalnej. Łatwo zauważyć, iż dyskretyzacja tak określonej przestrzeni sterowań, z satysfakcjonującą dokładnością, doprowadzi do dużych rozmiarów problemu decyzyjnego. Dlatego w niniejszej pracy zaproponowano dyskretyzację przestrzeni tylko wokół pewnych wartości charakterystycznych v_0, ω_0, z określoną gęstością $\Delta v, \Delta\omega$:

$$A_1 = \Omega \times V \quad A_1 = \{(\omega, v) : \omega \in \Omega \wedge v \in V\}\text{, gdzie}$$

$$\Omega = \{\omega_0 - N_\Omega \Delta\omega, ..., \omega_0 - \Delta\omega, \omega_0, \omega_0 + \Delta\omega, ..., \omega_0 + N_\Omega \Delta\omega\}$$
$$V = \{v_0, v_0 + \Delta v, v_0 + 2\Delta v, ..., v_0 + N_V \Delta v\}$$

a N_Ω, N_V określają liczbę możliwych odchyleń od wartości charakterystycznych. Zatem, rozmiar zbioru decyzyjnego A_1 redukuje się do $\overline{\overline{A_1}} = (2N_\Omega + 1)(N_V + 1)$. Wartości charakterystyczne v_0, ω_0 są wyznaczane z zależności:

$$v_0 = \frac{\left\|\hat{P}(t_H) - X(t_n)\right\|}{H}, \quad \omega_0 = \frac{\Theta_r(t_n) - \Theta_d}{H} \tag{12}$$

gdzie

$$\Theta_d = \arctan\frac{\hat{y}_T(t_H) - y_r(t_n)}{\hat{x}_T(t_H) - x_r(t_n)}, \quad t_n = n\Delta t\,.$$

Drugi z graczy jest postrzegany jako losowy czynnik, będący źródłem niepewności predykcji stanu śledzonego obiektu (7) otrzymanej z modelu (8). Poszczególne decyzje gracza traktowane są jako odchyłki od predykowanego stanu (7). W prezentowanym podejściu przestrzeń wokół (7) została podzielona na określoną liczbę kołowych sektorów, wewnątrz których w sposób losowy wybierana jest przykładowa wartość stanu obiektu. W ten sposób otrzymujemy dyskretną liczbę hipotetycznych, rzeczywistych wartości stanu obiektu w chwili t_H. Zatem, zbiór decyzyjny A_2 gracza drugiego zdefiniowany jest jako:

$$A_2 = \Lambda \times R \quad A_2 = \{(\alpha, r) : \alpha \in \Lambda \wedge r \in R\} \tag{13}$$

gdzie

$$\begin{aligned} \Lambda &= \{\alpha_i\} \quad \alpha_i = \frac{2\pi}{L}(i + \delta_\alpha - 1) \quad i = 1, 2, ..., K \\ R &= \{r_j\} \quad r_j = \Delta r(j + \delta_r - 1) \quad j = 1, 2, ..., J \end{aligned} \tag{14}$$

Wielkości $\delta_r, \delta_\alpha \in \langle 0, 1)$ w (14) są liczbami losowymi. Liczność zbioru (14) wynosi zatem $\overline{\overline{A_2}} = KJ$.

3.2.1. Funkcja kosztów

Problem śledzenia celu polega na ciągłej minimalizacji odległości, jaka dzieli robot i cel. Stąd wielkość wirtualnego kosztu ponoszonego przez robot w wyniku realizacji sterowania a_1 jest proporcjonalna do tej odległości. Dodatkowo, funkcja kosztów powinna uwzględniać czynnik niepewności związany z odchyleniem (7) od wartości rzeczywistej będący wynikiem jednej z akcji (13) gracza 2. W pracy zaproponowano trójskładnikową postać funkcji:

$$I = \hat{L}_{R,T}(a_1) + k_e \left| \overline{L}_{R,T}(a_1) - \hat{L}^{*}_{R,T}(a_1,a_2) \right| \tag{15}$$

gdzie:

$$\hat{L}_{R,T}(a_1) = \sqrt{\left(\hat{x} - \hat{x}_R^{a_1}\right)^2 + \left(\hat{y} - \hat{y}_R^{a_1}\right)^2}$$

i

$$\hat{x}_R^{a_1} = x_R + v(a_1)\Delta t \cos(\Theta_R + \omega(a_1)\Delta t)$$
$$\hat{y}_R^{a_1} = y_R + v(a_1)\Delta t \sin(\Theta_R + \omega(a_1)\Delta t)$$

określa odległość robota od predykowanego położenia (7) celu po zrealizowaniu sterowania wynikającego z decyzji a_1. Kolejny składnik:

$$\hat{L}^{*}_{R,T}(a_1,a_2) = \sqrt{\left(\hat{x}^{a_2} - \hat{x}_R^{a_1}\right)^2 + \left(\hat{y}^{a_2} - \hat{y}_R^{a_1}\right)^2}$$

i (16)

$$\hat{x}_T^{a_2} = \hat{x}_T + r(a_2)\cos(\alpha(a_2))$$
$$\hat{y}_T^{a_2} = \hat{y}_T + r(a_2)\sin(\alpha(a_2))$$

definiuje odległość robota od celu po wykonaniu sterowania a_1, przy założeniu że estymata położenia celu (7) jest obarczona błędem wynikającym z działania zakłócenia odpowiadającego akcji a_2. Ostatni składnik zdefiniowany jest jako:

$$\overline{L}_{R,T}(a_1) = \frac{1}{KJ} \sum_{a_2=1}^{KJ} \hat{L}^{*}_{R,T}(a_1,a_2) \tag{17}$$

Współczynnik k_e w (15) służy do regulacji wpływu zakłóceń na proces śledzenia celu.

3.2.2. Rozwiązanie

Rozwiązaniem problemu określonego zależnością (10) jest akcja a_{10} naprowadzająca robot na cel. Ponadto, rozwiązanie to powinno zmniejszać efekty niepewności predykcji. W problemach, gdzie niepewność związana ze sposobem działania drugiego gracza jest duża, dobre rezultaty daje zastosowanie strategii minimaksowej, zgodnie z którą rozwiązania poszukuje się jako:

$$a_{10} = \min_{a_1 \in A_1} \max_{a_2 \in A_2} I\left(a_{10}, a_2\right) \tag{18}$$

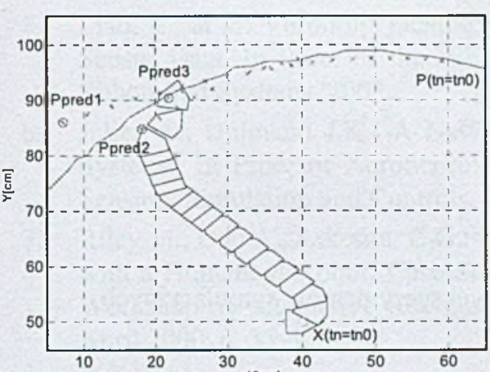
Stosując rozwiązanie (18) w każdej dyskretnej chwili czasu $t \in < t_n, t_H >$ otrzymujemy wektor sterowań (4), zapewniający osiągnięcie celu (7). Oczywiste jest, iż (7) stanowi tylko estymatę położenia celu, która często różni się bardzo od położenia rzeczywistego. Aby osiągnąć rzeczywiste położenie celu, należy zastosować mechanizm sprzężenia zwrotnego opisany we wcześniejszej części pracy.

3.2.3. Opis algorytmu śledzenia

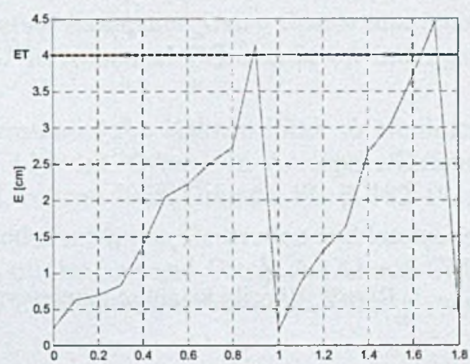
Załóżmy, iż proces śledzenia celu rozpoczyna się w chwili $t_n = t_{n0}$. W tej chwili wyznaczany jest model ruchu obiektu (8) na bazie M obserwacji stanu obiektu. Na bazie tego modelu wyznaczana jest predykcja stanu (7) obiektu w chwili t_H. Następnie wyznaczany jest wektor sterowań (4), który stanowi plan ruchu robota, umożliwiający osiągnięcie przez robot predykowanego położenia celu (7). W trakcie realizacji sekwencji sterowań (4), w każdej chwili czasu t_k sprawdzana jest dokładność (9) modelu (8). Jeżeli jest mniejsza niż zadana wartość ε_T, obliczana jest korekta modelu dla $t_n = t_k$. Następnie wyznaczany jest nowy wektor sterowań U^* o długości H-k. Cały proces powtarzany jest aż do do chwili, gdy $t_n = t_H$.

4. Symulacje

W celu weryfikacji przedstawionej metody przeprowadzono szereg eksperymentów symulacyjnych za pomocą środowiska programowego MATLAB™. W niniejszym rozdziale przedstawiono wyniki i dyskusję dwóch wybranych symulacji, ilustrujących działanie opisywanej metody. Eksperymenty polegały na symulacji typowego procesu śledzenia ruchomego celu przy dodatkowych ograniczeniach nałożonych na czas realizacji zadania.



(a)



(b)

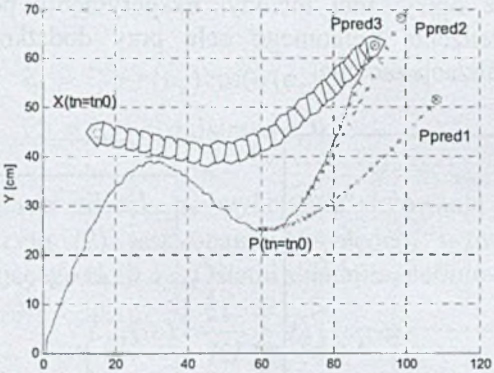
Rys. 1. Wynik pierwszego z opisywanych eksperymentów (a) oraz przebieg błędu predykcji (b) zarejestrowany w trakcie jego trwania

Wynik pierwszego z eksperymentów przedstawiono na rysunku 1a. Fragment trajektorii ruchomego celu P zaznaczono linią ciągłą. Kształt i położenie robota narysowano w postaci wieloboku. Proces śledzenia ruchomego celu rozpoczyna się w chwili $t_n=t_{n0}$. Początkowe położenie robota i celu oznaczono odpowiednio przez $X(t_n=t_{n0})=[40\ 50\ 0]$ i $P(t_n=t_{n0})=[62\ 97]$.

Sukcesywne etapy predykcji celu oznaczono krzyżykami, natomiast estymaty położenia celu dla chwili $t_H=2$[s] odrysowano za pomocą okręgów i oznaczono odpowiednio przez *Ppred1,2,3*. Założona dokładność śledzenia ε jest równa $\varepsilon_T=4$ [cm]. Przyjęta rozdzielczość dyskretyzacji przestrzeni sterowań: $\Delta\omega=45$[°/s] dla prędkości kątowej i $\Delta v=5$ [cm/s] dla prędkości liniowej robota.

Analizując przebieg eksperymentu, można zauważyć, iż algorytm potrzebował dwóch korekcji modelu trajektorii ruchomego celu, aby osiągnąć go w wymaganym czasie. Przebieg czasowy błędu predykcji pokazano na rysunku 1b.

Drugi z eksperymentów przeprowadzony został dla takich samych parametrów jak wyżej. Podobnie oznaczenia i notacja na rysunkach nie uległy zmianie. Tym razem cel porusza się po trajektorii o innym kształcie. Również horyzont predykcji uległ wydłużeniu do $H=30$, a zatem $t_H=3$[s]. Warto zauważyć, iż punkt startowy algorytmu dobrany został w chwili poprzedzającej gwałtowną zmianę kierunku ruchu śledzonego celu, co powoduje, iż model predykcyjny wyznaczony w chwili startowej właściwie przestaje być aktualny na samym początku działania algorytmu. Nie mniej jednak, jak możemy zauważyć, algorytm poradził sobie znakomicie z postawionym problemem. Podobnie jak wcześniej algorytm potrzebował dwóch korekt modelu aby osiągnąć cel z zadaną dokładnością.



Rys. 2. Wynik drugiego z opisywanych eksperymentów symulacyjnych

5. Podsumowanie

W pracy przedstawiono podejście do syntezy algorytmu śledzenia ruchomego celu dedykowanego do sterowania ruchem robota mobilnego. Proponowane podejście bazuje na wykorzystaniu gry o sumie zerowej do modelowania niepewności predykcji trajektorii ruchu celu. Zaprezentowane wyniki wybranych eksperymentów symulacyjnych pokazały efektywność działania proponowanej metody. Algorytm sterowania ruchem zaprojektowany z jej wykorzystaniem radzi sobie dobrze z zagadnieniem przechwyceniem śledzonego celu w zadanym horyzoncie czasowym, nawet w przypadkach gdy cel zmienia gwałtownie kierunek swojego ruchu.

Analiza metody pozwala na wyciągnięcie dwóch podstawowych wniosków. Po pierwsze, łatwo zauważyć, iż algorytm jest zbieżny, tzn. ma tę właściwość, że sterowanie wyznaczone w wyniku jego działania w sposób ciągły minimalizuje odległość robota od celu. Z drugiej strony widać, iż algorytm nie może zagwarantować osiągnięcia celu przez robot, w zadanym horyzoncie czasowym w każdym przypadku. Główną przyczyną tego faktu jest nieprzewidywalność ruchu śledzonego celu. Jeżeli cel zmienia często kierunek swojego ruch w trakcie procesu śledzenia, to może to uniemożliwić realizację zadania.

Praca finansowana z funduszu BK-208/RAu1/06 t.2.

LITERATURA

1. Åström K., Wittenmark: Computer-Controlled Systems. Prentice-Hall, 1997.
2. Basar M., Olsder G.J.: Dynamic Noncooperative Game Theory. Mathematics in Science and Engeneering, Academic Press Inc. Ltd., London 1982.
3. Gass, S.L.: Predictive Fuzzy Logic Controller For Trajectory Tracking of a Mobile Robot. IEEE Mid-Summer Workshop on Soft Computing in Industrial Applications Helsinki University of Technology, Espoo, Finland, June 2005, p. 28-30.
4. Gustafsson, F. Gunnarsson at al.: Particle filters for positioning, navigation, and tracking, In Performance, A.K. Agrawalla and S.K. Tripathi (Eds.). North-Holland, Amsterdam 2002, p. 309-323.
5. Liao, L., at al: Voronoi Tracking: Location Estimation Using Sparse and Noisy Sensor Data, In Proc. of the IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, 2003.
6. Julier, S., Uhlmann J.K.: A New Extension of the Kalman Filter to Nonlinear Systems. In Proc. of AeroSense: The 11th Int. Symp. On Aerospace/Defence Sensing, Simulation and Controls, SPIE, volume 3068, Orlando, FL, p. 182-193.
7. Riley M., Ude A., Atkeson. C.G.: Methods for Motion Generation and Interaction with a Humanoid Robot: Case Studies of Dancing and Catch, AAAI and CMU Workshop on Interactive Robotics and Entertainment, Pittsburgh, Pennsylvania, April 2000, p. 35-42.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Krzysztof Kozłowski

Abstract

The paper addresses a problem of a mobile robot navigation in case the target is not static. Solution of such a problem requires two main issues to be taken into

account. First is a prediction of a future location of the target, the second is a fast tracking algorithm that is robust to an uncertainty of data. In this work a method of navigating a robot toward moving target is discussed. Fast algorithm of prediction as well as the algorithm of tracking the target based on game theoretical approach are presented in the paper. Results of simulations are presented to prove efficiency of the proposed approach.