

Teodora DIMITROVA - GREKOW

POLIETCHNIKA BIAŁOSTOCKA, ul Wiejska 45A, 15-351, Białystok

Hybrydowy algorytm samolokalizacji

Dr inż. Teodora DIMITROVA - GREKOW

Ukończyła studia na Wydziale Elektroniki Politechniki Sofijskiej, Bułgaria w 1991r., obroniła pracę doktorską na Uniwersytecie Technicznym w Wiedniu w 1997r. Jest adiunktem na Wydziale Informatyki przy Politechnice Białostockiej. Jej zainteresowania naukowe to synteza układów programowalnych, robotyka, mechatronika, analiza i przetwarzanie sygnałów.

e-mail: t.grekow@pb.edu.pl



Streszczenie

Artykuł prezentuje hybrydowej samolokalizacji w oparciu o zintegrowany system zbierania danych. Funkcje topologiczne i metryczne zostały zrealizowane z użyciem sonaru. Do przetestowania poprawności działania metody użyto robot Lego Mindstorms NXT. Rozwiązanie to skraca czas rozpoznawania napotkanych obiektów orientacyjnych. Pokazana jest identyfikacja obiektów, ich orientacji i budowanie modelu mapy o względnym stopniu zaufania. Przeprowadzone badania wykazały wysoką dokładność zaprezentowanej metody samolokalizacji.

Słowa kluczowe: roboty mobilne, nawigacja, lokalizacja, metryczno-topologiczne strategie, roboty edukacyjne, Mindstorms NXT.

A hybrid algorithm for self location

Abstract

In this issue a hybrid localization method with an integrated data collecting is proposed. Topological and metric functions are based on a sonar. The presented method consists of four phases: data collection and filtering, object classification, building map with a confidence coefficient and local and global map comparison and end decision. Very important in this work is the confidence coefficient map concept. Experimental results are presented: successful were 77% of the tests, 14% of them gave fouls result and 9 – non one.

Although the restrictions of the used robot, the project seems very perspective.

Keywords: mobile robotics, navigation, location, topological-metric strategies, educational robots, Mindstorms NXT.

1. Wprowadzenie

Przy realizacji topologiczno-metrycznych algorytmów samolokalizacji klasycznym podejściem jest użycie dwóch niezależnych systemów orientacyjnych [1,2]. Zazwyczaj pierwsza z nich jest realizowana za pomocą sensorów wizyjnych, a druga – poprzez dalmierze optyczne lub ultradźwiękowe. Wadą tego rozwiązania jednak zostaje zaangażowany sprzęt oraz wymagana zdolność obliczeniowa, szczególnie przy analizie sygnałów z systemów wizyjnych [3]. Wielu autorów proponuje lokalizację topologiczną na podstawie siatki mapy dopasowywania modelu [5,6]. Znanych jest wiele przykładów użycia czujnika sonaru do samolokalizacji oraz do równoczesnej samolokalizacji i mapowania (Simultaneous Localization and Mapping, SLAM) [4,9].

W niniejszej pracy zaproponowano hybrydową metodę samolokalizacji w oparciu o zintegrowany system zbierania danych. Hybrydowość polega na równoczesnym wykorzystaniu metrycznej oraz topologicznej informacji odczytanej z otoczenia robota. Obie funkcje topologiczna i metryczna zostały zrealizowane w przedstawionym projekcie z użyciem dalmierza ultradźwiękowego.

Dokładność ustalania odległości przy sonarach zależy w różnym stopniu od zastosowanego czujnika, od formy emitowanego sygnału oraz od sposobu obróbki otrzymanej przez odbiornik informacji. W realnych warunkach pojedynczy pomiar jest zupełnie irrelevantny. Wątpliwa, ale jednak nie bez szansy jest dokładność 1 cm, jaką proponują czujniki ultradźwiękowe edukacyjnych zestawów Lego Mindstorms NXT 2.0.

Celem opisywanego w tym artykule eksperymentu jest również sprawdzenie czy można używać i na ile skuteczna jest praca pojazdów zbudowanych na bazie zestawów edukacyjnych Lego Mindstorms NXT 2.0. W tym celu przyjęta została symplifikacja otoczenia – wszystkie obiekty w środowisku eksperymentalnym są równoległościanami o różnych rozmiarach, pozycjach i orientacjach.

Wszystkie próby rozpoznania obiektów za pomocą sonaru muszą zmagać się z następującymi problemami [7,8]. Z tego powodu podczas badań zostało przyjętych szereg uproszczeń środowiskowych.

Bardzo istotny elementem pracy to rozpoznawanie obiektów, ich orientacji i budowanie modelu mapy o względnym stopniu zaufania. Dodatkowym wstępnym ułatwieniem warunków pracy jest to, że zbieranie danych o otoczeniu jest wykonywane podczas ruchu postępowego i cofania całego pojazdu. Zwiększa się w ten sposób powierzchnia obserwowanej przestrzeni przy niewielkim koszcie czasu podjechania do przodu i z powrotem.

2. Istota metody

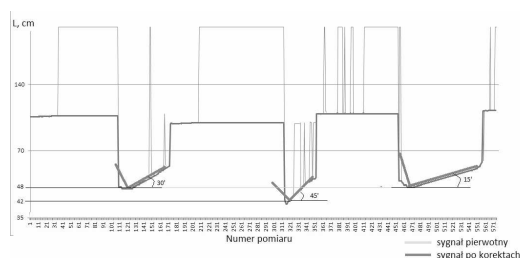
Badania składają się z czterech etapów: (1) zbieranie danych o otoczeniu, (2) klasyfikacja obiektów, (3) budowa mapy o względnym stopniu zaufania, (4) porównanie mapy lokalnej z mapą globalną oraz decyzja o aktualnej pozycji i orientacji.

2.1 Zbieranie danych o otoczeniu

Surowe pomiary sonaru są zapisywane do pliku. Równocześnie robiona jest wstępna filtracja danych: usuwanie pojedynczych ekstremalnych pomiarów. Wtórna korekta, robiona po przeskanowaniu połowy dostępnego otoczenia, koncentruje się na 'wyjątkach' i wygładzeniu kształtów. Tzw. 'wyjątki' są wynikiem nakładania się echa sygnałów z różnych obiektów.

2.2 Klasyfikacja obiektów

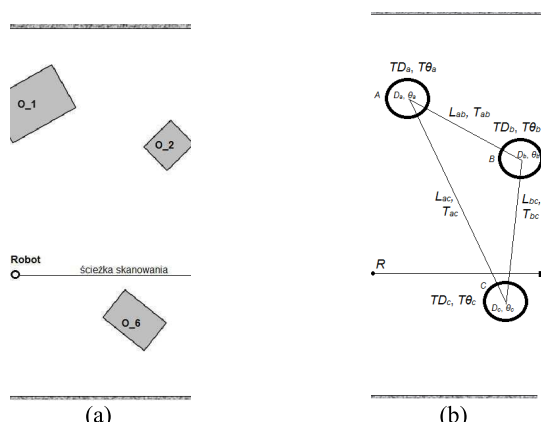
W niniejszej pracy zastosowana została metoda *dopasowywanie szablonu*. pierwsza. Z uzyskanych po podwójnej filtracji danych wyłaniane są dwa rodzaje elementów: ściany S i rogi R . Głównym atrybutem ścian jest kąt θ ; dla rogów jest atrybut D – najkrótsza odległość do tej samej trajektorii (Rys. 1). Atrybuty ze swojej strony posiadają własne współczynniki zaufania $T\theta$ i TD .



Rys. 1. Ekstrakcja cech zidentyfikowanych obiektów
Fig. 1. Features extraction from the identified objects

2.3 Budowa mapy o względnym stopniu zaufania

Rys 2 pokazuje przykładowy fragment przestrzeni roboczej, odpowiadający za jedno skanowanie.



Rys. 2. Budowa grafu hybrydowego: a) przestrzeń rzeczywista; b) zbudowany graf
Fig. 2. Hybrid graph building: a) the real environment; b) the generated graph

Na podstawie zidentyfikowanych i opisanych obiektów można zbudować topologiczno-metryczny graf Gt^* (Rys. 2b) który w dalszej części zostanie porównany z mapą globalną (Rys. 2a), zapisaną również w postaci grafu Gg .

Zbudowany został graf zredukowanej widoczności z dodatkowym opisem ramion.

2.4 Porównanie mapy lokalnej z mapą globalną oraz decyzja o aktualnej pozycji i orientacji robota

Technika porównania map opiera się na poszukiwaniu rogów. Warunkiem zadowalającego działania algorytmu w ogólnym przypadku jest rozpoznanie minimum trzech rogów. Natomiast skuteczna samolokalizacja, z ca 75% prawdopodobieństwem, jest zagwarantowana kiedy minimum trzy ze znalezionych rogów przynależy do różnych obiektów. Żeby podjąć decyzję system przechodzi przez kilka etapów.

3. Badania

Testy zostały przeprowadzone w ograniczonej ścianami przestrzeń 150x200 cm. Użyto 3 wielkości równoległoscianów – od 1 do 3 z każdego rodzaju w poszczególnych konfiguracjach testowych. Najmniejszy z obiektów miał wymiary: 12x15x30, a największy: 20x30x50. Trzeci obiekt ma wymiary 15x20x35.

Przeprowadzono szereg badań. Od 5 do 12 serii na przeróżnych konfiguracjach i rodzajach równoległoscianów. Każda seria zakłada 8-14 prób samolokalizacji. Dla każdej serii miejscem startu był różny punkt przestrzeni roboczej, a same próby były powtarzane średnio po trzy razy, stawiając początkowo robota w różnych kierunkach, tak jak widać na Rys. 6. Zaprezentowano badania z 10 różnych punktów startowych - ponumerowanych odpowiednio S1 – S10. Dla S1 są przykładowo pokazane wybrane kierunki, przy czym zgodnie z założeniem programu kierunki 4 i 5 zostały zmienione przez robota – brakowało wymaganych 75 cm wolnej przestrzeni. Wybrany kierunek również nie pozwolił na

jazdę 75 cm. Jednak robot nie mógł tego zauważyć, ponieważ skanował najpierw z prawej strony. Żeby unikać podobnych kolizji pojazd został zabezpieczony zderzakami.

4. Podsumowanie i wnioski

Przeprowadzone doświadczenia pokazują zadowalające wyniki. Można liczyć na ich polepszanie – ciągle przeprowadzane są eksperymenty optymalizujące filtrację danych oraz wykorzystanie specyfiki sygnałów ultradźwiękowych.

Wyniki są bardzo motywujące, szczególnie biorąc pod uwagę duże podobieństwo między użytymi obiektami. Najbardziej trafne są samolokalizacje przy których robot 'widział' ścianę. Jest to zupełnie wytłumaczalne, pomimo że w artykule temat nie został umówiony. Szczególnie problematycznym punktem okazał się S1. Co też może być łatwo wyjaśnione wyjątkowo wieloma 'niewidocznymi sąsiadami'.

Podsumowując, udanych prób samolokalizacji było 77%, w 14% przypadków robot podjął błędną decyzję i tylko w 9% nie znalazł żadnego rozwiązania.

Pomimo ograniczonych możliwościach użytego robota, można uważać projekt za bardzo obiecujący.

5. Literatura

- [1] Tomatis, N.: Hybrid, Metric- Topological Representation for Localization and Mapping. In: M.E. Jefferies et al. (eds.) Robot & Cogn. Approach. To Spat. Map., STAR 38, pp. 43 – 64. Springer, Berlin Heidelberg, 2008.
- [2] Fogliaroni, P., Wallgruen, J. O., Clementini, E., Tarquini F., Wolter, D.: A qualitative Approach to Localization and Navigation Based on Visibility Information. In: K. Stewart Hornsby et al. (eds.) COSIT, LNCS 5756, pp. 312 –329. Springer, Berlin Heidelberg, 2009.
- [3] Dimitrova-Grekow, T., Zach, M.: Asocjyno-metryczny sposób planowania drogi w zamkniętej przestrzeni, PAK nr 07, s. 611-614, 2012.
- [4] Yap TN, Shelton CR. SLAM in large indoor environments with low-cost, noisy, and sparse sonars. In: Proceedings of IEEE international conference on robotics and automation; p. 1395–401, 2009.
- [5] Choi J, Choi M, Nam SY, Chung WK. Autonomous topological modeling of a home environment and topological localization using a sonar grid map. Autonomous Robots;30(4):351–68, 2011.
- [6] Choi J, Choi M, Chung WK. Incremental topological modeling using sonar gridmap in home environment. In: Proceedings of IEEE/RSJ international conference on intelligent robots and systems; p. 3582–7, 2009.
- [7] Poncela, A., Urdiales C., Trazenies C., Sandoval F.: A new sonar-based landmark for localization in indoor environments, Soft Comput 11, pp.281–285, Springer-Verlag 2006.
- [8] Fromberger, L.: Representing and Selecting Landmarks in Autonomous Learning of Robot Navigation. In: C. Xiong et al. (eds.) ICIRA Part I, LNAI 5314, pp. 488 – 497. Springer, Berlin Heidelberg, 2008.
- [9] Tardos JD, Neira J, Newman PM, Leonard JJ .Robust mapping and localization in indoor environments using sonar data. International Journal of Robotics Research;21(4):311–30, 2002.