

ОПТИМІЗАЦІЯ СИСТЕМ ЗВ'ЯЗКУ ТА АВТОНОМНОЇ НАВІГАЦІЇ МОБІЛЬНИХ НАЗЕМНИХ РОБОТІВ

Каспар'янц А.В.

Науковий керівник – д.т.н., проф. Сергієнко О.Ю.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. МІРЕС,
м. Харків, Україна

e-mail: artur.kaspariants@nure.ua

Mobile robotic systems are currently employed across diverse industries, with the imperative for these devices to navigate unfamiliar and unpredictable real-world environments autonomously being paramount. However, the primary challenge facing all existing independent mobile devices is navigation.

Персональна навігація відповідає за здатність коректного взаємного розташування частин робота та робота і його частин відносно об'єктів навколишнього середовища для переміщення по необхідній траєкторії, а також уникнення зіткнення шляхом відповідного керування приводами маніпулятора та засобів переміщення робота.

Персональна навігація заснована на отриманні інформації з датчиків, що знаходяться в самому роботі. Використовуються датчики внутрішньої інформації для визначення положення та переміщення як окремих частин, так і самого робота, а також датчики зовнішньої інформації для визначення положення та переміщення як окремих частин, так і самого робота відносно зовнішніх об'єктів.

Локальна навігація здійснює визначення координат відносно деякої точки, що актуально при переміщенні у визначених приміщеннях. Локальна навігація використовує датчики зовнішньої інформації, що дають можливість знайти положення робота шляхом визначення зовнішніх об'єктів, вказівників положення робота та засобів маршрутослідування.

Глобальна навігація визначає положення мобільного робота за допомогою карти та здійснює переміщення у потрібні точки цієї карти.

Системи навігації бувають пасивними і активними. Пасивна система заснована на прийомі інформації про власні координати і інші характеристики свого руху від зовнішніх джерел, а активна розрахована на визначення місця розташування тільки своїми силами.

Глобальні навігаційні системи реалізуються на основі супутникових навігаційних системах: GPS, ГЛОНАСС, Галілео.

Глобальні методи засновані на тому, що перед початком руху роботів повністю відома карта місцевості. Знаючи своє місцезнаходження, точку фінішу, а також розташування всіх перешкод, він, використовуючи заданий алгоритм дій, знаходить найкоротший шлях від старту до фінішу і після цього долає цей шлях [1].

Перевага глобальних методів навігації полягає в можливості заздалегідь спланувати оптимальний маршрут руху, спираючись на глобальну інформацію про зовнішнє середовище.

Найбільш значимий недолік таких методів – підвищена обчислювальна складність і необхідність зберігання карти середовища (найчастіше великого розміру). Локальні методи навігації використовуються в тих випадках, коли роботу не відома глобальна карта зовнішнього середовища або перешкоди в цьому середовищі мають динамічний характер (можуть з'являтися і зникати, змінювати своє місце розташування).

До найбільш часто використовуваних локальних методів навігації можна віднести:

- методи, засновані на використанні потенційних полів перешкод;
- методи сімейства BUG, що використовують для отримання навігаційної інформації тактильні датчики;
- методи сімейства VisBUG, які передбачають отримання навігаційної інформації від ультразвукових датчиків, що дає можливість не торкатися перешкод в процесі руху [2].

До переваг методів локальної навігації слід віднести їх обчислювальну простоту. Недоліки цих методів в порівнянні з методами глобальної навігації складаються у відхиленні від оптимального маршруту і більш складною процедурою локалізації робота у просторі.

Для обох груп методів навігації характерна проблема переходу від подання робота у вигляді матеріальної точки до його просторового подання з урахуванням форми корпусу, розташування датчиків, конструкції системи руху.

Більшість існуючих методів навігації не передбачає врахування реальних розмірів, форми і розташування сенсорної системи роботів. Через це часто мають місце великі похибки їх локалізації у просторі, які не дозволяють успішно досягти мети навігації.

Методи планування маршрутів:

На основі графів - методи цього класу відображає стану, в яких може перебувати робот: кожен вузол являє один стан робота. Станом може бути положення, кут орієнтації, швидкість або прискорення робота. Переходи між станами характеризуються функцією витрат. Це дозволяє виділити шлях, який має мінімальну загальну вартість досягнення цільового стану.

На основі клітинної декомпозиції - реалізується за допомогою сітки (Grid map), що покриває простір. Ідея полягає в тому, щоб розділити простір навколишнього середовища на клітини однакового розміру, кожна клітина характеризується 0 (вільна від перешкод) або 1 (зайнята перешкодою). Недолік - збільшення трудомісткості при зменшенні кроків сітки. Таке збільшення особливо помітно в навколишньому середовищі великого обсягу.

Потенційні поля - ідея методів полягає в русі вздовж векторних ліній

векторного поля, потенційна функція якого відображає конфігурацію перешкод і їх форму, а також мета руху. Зазначений підхід підходить і в двовимірному, і в тривимірному випадку.

Серед методів потенційних полів найвідомішим є метод штучних потенціалів (artificial potential field, APF). Його алгоритм простий, має низьку складність і високу ефективність реалізації. Векторне поле поділяється на дві складові: мета руху представляється притягає векторних полем, в той час як перешкоди – відразливим векторних полем. Додавання двох векторних полів дозволяє вирішити два завдання: рух до заданої цільової точки і обхід перешкод.

У свою чергу відразливе векторне поле є сума складових, кожна з яких описує окремих перешкода. Технологія планування шляху по методу штучних потенціалів проста, що спрощує контроль процесу руху в режимі реального часу. Однак метод має істотний недолік: можливе існування локальних мінімумів.

Метод гістограми векторного поля (vector field histogram, VFH). Метод VFH є одним з найпопулярніших локальних методів планування шляху, що використовуються в режимі управління реального часу в області мобільного робототехніки. У цьому методі обхід перешкод здійснюється в три етапи. На першому етапі генерується двовимірна гістограма, що описує перешкоди навколо робота. На другому етапі по двовимірній гістограмі будується одновимірна полярна гістограма. Нарешті, на третьому етапі вибирається найбільш підходящий сектор з низькою щільністю перешкод, і обчислюється кут повороту в цьому напрямку.

На основі методу VFH автори надавали поліпшені методи: VFH+ і VFH*. У методі VFH + враховується розмір робота, обмеження динаміки і відповідне розширення розмірів перешкод. У методі VFH* з урахуванням глобальної інформації навколишнього середовища вибирається найкращий напрямок руху з використанням алгоритму A [3].

Оптимізаційні - рух об'єкта треба уявити в рамках тієї чи іншої моделі у вигляді динамічної системи. Перешкоди будуть описуватися деякими обмеженнями, а якість допустимої траєкторії має оцінюватися деяким функціоналом. В результаті виникає завдання оптимального управління, яка не тільки забезпечує траєкторію об'єкта в обхід перешкод, але і дозволяє вибрати в деякому сенсі кращий варіант, наприклад, за швидкістю проходження, по енергетичній ефективності і т.д.

Інтелектуальний алгоритм – автоматичне управління роботом. Робот повинен мати здатність вирішувати завдання планування шляху в реальних умовах навколишнього середовища без втручання людини.

Список використаних джерел:

1. Навігація мобільних наземних роботів у недетермінованих середовищах. Сергієнко О.Ю., Карташов В.М., Колендовська М.М. Харків: ХНУРЕ, 2020. 297 с.
2. Карташов В.М. и др. Обработка сигналов в радиоэлектронных системах дистанционного мониторинга атмосферы. - Харьков: ХНУРЭ, 2014. - 312 с.
3. Watanabe H., Dettloff W., Yount E. A VLSI Fuzzy Logic Inference Engine for Real-time Process Control // IEEE Journal of Solid State Circuits. 1990. V.25. N 2. P. 376 – 382.