

КОМУНІКАЦІЯ ТА ЗВ'ЯЗОК РОЮ МОБІЛЬНИХ РОБОТІВ**Єременко С.С.**

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

Харківський національний університет радіоелектроніки

м. Харків, Україна, каф. МІРЕС, тел. (057) 702-15-87

e-mail: serhii.ierehenko@nure.ua

In the modern world, there is rapid advancement in technology, which stimulates innovation in the field of robotics. One of the main trends in the development of collective robotics is the continuous improvement of algorithms for coordinating the actions of robots in a group. This allows for increased efficiency in collaborative robot work and achieves more precise and faster results. Mobile robots are finding increasingly diverse applications: in performing tasks underwater, in aerial spaces, in terrestrial and underground conditions, in military purposes, and in everyday life. Communication and connectivity in a swarm of mobile robots are important aspects in the field of robotics and autonomous systems.

У сучасному світі спостерігається швидкий розвиток технологій, що стимулює інновації у галузі робототехніки. Однією з головних тенденцій у розвитку колективної робототехніки є постійне удосконалення алгоритмів координації дій роботів у групі. Це дозволяє підвищити ефективність спільної роботи роботів і досягти більш точних та швидких результатів.

Мобільні роботи знаходять все більше нових сфер застосування: у виконанні завдань у водяному середовищі, у повітряному просторі у наземних та підземних умовах, у військових цілях та в повсякденному житті. Комунікація та зв'язок у рої мобільних роботів є важливими аспектами у сфері робототехніки та автономних систем.

Основні переваги використання колективу роботів включають:

- збільшення надійності (втрата деяких членів колективу не впливає на працездатність всієї системи в цілому);
- гнучкість (здатність системи до реконфігурації).

Потенційна можливість розвитку і ускладнення вирішуваних завдань шляхом збільшення потужності колективу. Сучасні застосування колективної поведінки роботів дуже різноманітні:

- рій роботів, спільно виконуючих діагностику важкодоступних об'єктів;
- моніторинг оточуючого середовища;
- колективне вирішення завдань рятувальними роботами;
- розвідка та рекогносцировка;
- військові застосування;
- колективна обробка об'єктів оточуючого середовища;

- охоронні функції, патрулювання тощо.

Основні концепції та методи, які можуть використовуватися для цього розглянемо детальніше.

Локалізація та навігація. Мобільні роботи повинні мати можливість визначати своє місцезнаходження та ефективно переміщатися у просторі. Для цього можуть використовуватися різні методи, включаючи GPS, інерціальні системи навігації, лазерне сканування для створення карти оточуючого середовища та алгоритми планування маршруту.

Системи виявлення перешкод. Роботи повинні бути обладнані сенсорами, такими як ультразвукові датчики, камери та лідари, для виявлення перешкод на своєму шляху. Це допомагає їм уникати зіткнень та вибирати безпечні маршрути.

Координація дій. Роботи у рої повинні мати можливість координувати свої дії для досягнення загальної мети. Це може включати розподіл завдань між роботами, синхронізацію рухів та обмін інформацією про виконані дії.

У централізованій стратегії управління для керування групою роботів використовується центральний пристрій, який має доступ до інформації про стан всіх роботів у групі та оточуючого середовища. Цей пристрій оцінює поточну ситуацію та приймає рішення щодо подальших дій роботів у групі. Центральний пристрій може розміщуватися як поза групою, так і на одному з членів групи. Централізовані стратегії демонструють високу ефективність при управлінні невеликими групами роботів.

Децентралізоване управління в робототехніці представлене різними стратегіями, такими як колективна, стайна і роева стратегії.

Колективна стратегія управління, кожен робот передає всю зібрану інформацію про оточуюче середовище та свій власний стан у канал зв'язку і отримує інформацію про стан інших роботів. Інформаційний обмін відбувається за принципом "всі з усіма". Рішення про подальші дії приймаються кожним роботом самостійно на основі оцінки ситуації. Колективні стратегії забезпечують збереження працездатності групи навіть при виході з ладу окремих членів, але потребують великої навантаження на обчислювальні системи роботів.

Стайна стратегія управління в ній відсутній відокремлений канал зв'язку між членами групи. Кожен робот збирає інформацію з оточуючого простору і приймає рішення самостійно для досягнення загальної мети.

Цей підхід ефективний на завданнях, які можуть бути розпаралелені на незалежні непов'язані під задачі. Головна перевага - легка масштабованість.

Роева стратегія управління це найбільш перспективний і складний підхід де кожен індивідуум веде себе відповідно до певних правил, а в цілому рій досягає поставлених цілей. Методи роевого управління колективом передбачають взаємодію та координацію між автономними апаратами

для виконання складних завдань.

Кожна з цих стратегій має свої переваги та недоліки, і вибір конкретної залежить від конкретного завдання, вимог до системи та доступних ресурсів.

Застосування штучного інтелекту (ШІ) у колективній робототехніці дозволяє роботам швидше навчатися, адаптуватися до змін у середовищі та ефективно спілкуватися між собою, що покращує координацію дій у колективі та забезпечує досягнення більш складних цілей.

Комунікація у рої - це найбільш важлива функція для мобільних роботів у рої. Вони можуть взаємодіяти один з одним для виконання колективних завдань. Це може включати обмін інформацією про місцезнаходження, виявлення перешкод та стану оточуючого середовища.

Бездротові технології, такі як Wi-Fi, Bluetooth або спеціалізовані протоколи зв'язку, можуть використовуватися для цієї цілі. Найбільш ефективним вважається використання радіосигналу. Його основні переваги такі:

- якість зв'язку практично не залежить від погодних умов та стану оточуючого середовища;
- можливість обміну даними з пристроями в будь-якому положенні відносно джерела сигналу - відсутні "мертві зони", пов'язані з повним перекриттям або відбиттям сигналу.

У зв'язку з необхідністю побудови масштабованої мережі, яка об'єднує велику кількість вузлів (меш-топологія), часто використовується протокол ZigBee. Специфікація ZigBee орієнтована на застосування, які вимагають гарантованої безпечної передачі даних при відносно невеликих швидкостях та можливості тривалої роботи мережевих пристроїв від автономних джерел живлення (батареї). Основна особливість технології ZigBee полягає в тому, що вона при малому енергоспоживанні підтримує не лише прості топології мережі ("точка-точка", "дерево" та "зірка"), а й само організовуються і самовідновлюються ячійкову (mesh) топологію з ретрансляцією та маршрутизацією повідомлень. Крім того, специфікація ZigBee містить можливість вибору алгоритму маршрутизації, залежно від вимог застосування та стану мережі, механізм стандартизації застосувань – профілі застосувань, бібліотека стандартних кластерів, кінцеві точки, прив'язки, гнучкий механізм безпеки, а також забезпечує простоту розгортання, обслуговування та модернізації.

Мета ZigBee – це створення економічної, само організовуючої мережі з ячійковою топологією, призначеної для вирішення широкого кола завдань. Мережа може використовуватися в промисловому контролі, вбудованих датчиках, зборі медичних даних, сповіщенні про вторгнення або задимлення, будівельній та домашній автоматизації і т. д. Створена в результаті мережа споживає дуже мало енергії – індивідуальні пристрої згідно з даними дозволяють енергозберігаючим батареям працювати два роки.

Ключові переваги ZigBee:

- здатність до самоорганізації та самовідновлення;
- ячійкова (mesh-) топологія;
- захищеність;
- висока стійкість до перешкод;
- низьке енергоспоживання;

Колективи інтелектуальних роботів. Сфери застосування

Поєднання всіх методів дозволяє створювати ефективні та гнучкі системи мобільних роботів, здатних виконувати широкий спектр завдань в різних середовищах та умовах.

Перелік джерел посилання

1. Application of Fast Frequency Shift Measurement Method for INS in Navigation of Drones / D. Avalos-Gonzalez, D.H. Balbuena, V. Tyrsa, V.M. Kartashov, M. Kolendovska, S. Sheiko, O. Sergiyenko, V. Melnyk, F.N. Murrieta-Rico // IECON 2018 – 44th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society. – P. 3159–3164.
2. Ivanov, M., Sergiyenko, O., Mercorelli, P., Hernandez, W.c, Rodriguez Quinonez, J.C.d, Katashov V., Kolendovska, M., Iryna, T. Effective informational entropy reduction in multi-robot systems based on real-time TVS. IEEE International Symposium on Industrial Electronics, 2019-June, 8781209, c. 1162-1167.
3. TechCrunch.com. MIT creates a control algorithm for drone swarms [Електронний ресурс]. – URL: <https://techcrunch.com/2016/04/22/mit-creates-a-controlalgorithm-for-drone-swarms>.
4. Stereoscopic Vision Systems In Machine Vision, Models, And Applications (Book Chapter)/ Ramírez-Hernández, L.R., Rodríguez-Quinonez, J.C., Castro-Toscano, M.J., Kolendovska, M., Murrieta-Rico, F.N.// Machine Vision And Navigation, 2019 Machine Vision and Navigation 30 September 2019, Pages 241-265
5. Deng, X., Murphey, Y. L., & Zenowich, B. (2007). Survey of consensus problems in multi-agent coordination. Journal of Intelligent and Robotic Systems, 53(3), 249-263.