

МЕТОДИ СИНХРОННОГО УПРАВЛІННЯ ГРУПОЮ МОБІЛЬНИХ РОБОТІВ

Г.Ю.Самойленко

Харківський національний університет радіоелектроніки,

Україна, 61166, Харків, пр. Науки 14

E-mail: hanna.kostrova@nure.ua

Анотація: проведено аналіз методів синхронного управління групами мобільних роботів. Розглянуто централізовані та децентралізовані системи керування, їх переваги та недоліки. Проведено аналіз типів децентралізованих систем (колективне, зграйне, ройове керування). Розглянуто поняття ройового інтелекту та його застосування.

Ключові слова: синхронне управління, централізовані системи, децентралізовані системи, ройовий інтелект.

METHODS OF SYNCHRONOUS CONTROL OF A GROUP OF MOBILE ROBOTS

H Samoilenko

Kharkiv National University of Radio Electronics

Ukraine, 61166, Kharkiv, Nauky av., 14

E-mail: hanna.kostrova@nure.ua

Annotation: an analysis of the methods of synchronous control of groups of mobile robots was carried out. Centralized and decentralized control systems, their advantages and disadvantages are considered. An analysis of the types of decentralized systems (collective, swarm, swarm control) was carried out. The concept of swarm intelligence and its application are discussed.

Key words: synchronous control, centralized systems, decentralized systems, swarm intelligence.

Сучасні тенденції розвитку виробництва зумовлюють суттєве зростання потреби у залученні до виробництва груп мобільних роботів для об'єднання та прискорення роботи. Мобільні роботи широко використовуються у великій кількості процесів: збірка, транспортування, фарбування, зварювання та багато іншого. Всі ці завдання вимагають великої маневреності та маніпуляційності систем виконання, часто навіть деякі завдання не можуть бути виконані однією системою. У цих випадках використання багатокомпонентних систем є найбільш прийнятним варіантом вирішення проблем у процесі виробництва.

Синхронізація має велике значення для роботизованих систем, коли групі роботів необхідно співпрацювати задля досягнення спільної мети. Кооперативна поведінка надає гнучкості та маневреності, які не можуть бути досягнуті окремим роботом.

Синхронізацію можна визначити як взаємну відповідність двох або більше процесів. Цю відповідність можна охарактеризувати появою певних зв'язків між деякими функціоналами процесів. Крім того, на основі типу взаємозв'язків у системи можна визначити різні типи синхронізації.

Самосинхронізованою називають синхронізацію, коли вона досягається належним взаємозв'язком у системах, тобто без будь-якої штучно введеної зовнішньої дії.

Якщо присутні зовнішні дії (керування введенням) та/або штучні взаємозв'язки, то система називається керовано-синхронізованою.

В залежності від постановки задачі керованої синхронізації розрізняють внутрішню (взаємну) синхронізацію та зовнішню синхронізацію.

При зовнішній синхронізації у багатоскладовій системі один з присутніх об'єктів більш потужний за інші. Його дії є незалежними від дій інших об'єктів. Тобто в групі роботів з таким типом синхронізації присутній один пристрій «керівник», який є головним та визначає дії інших «підлеглих». Таки системи ще називаються централізованими системами. В такій системі «керівник» має доступ до інформації про стан усіх роботів групи та навколишнього середовища, у якому вони знаходяться. Його задачею є опрацювання ситуації та прийняття

рішення про поведінку групи «підлеглих». Центральний пристрій може бути як за межами групи так і один з них. Такий вид систем здебільшого використовується у невеликих за чисельністю групах, задля того, щоб не перебільшувати навантаження на канал зв'язку та пристрій керування. Така система має свої недоліки. Найбільший з них те, що стабільність та можливість роботи напряду залежить від стабільності та цілісності пристрою «керівника». Тобто у випадку, коли він виходить з ладу, робота всієї групи не може продовжуватись, бо до них перестають надходити команди.

При внутрішній або взаємній синхронізації всі об'єкти знаходяться на одному рівні у єдиній багатоскладовій системі. Робота у такій групі роботів виникає в результаті взаємодії всіх об'єктів системи один між одним. Таку систему ще називають децентралізованою. Такі системи є більш стійкі до виходу з ладу одного з об'єктів. До них відносять зграйні, колективні та ройові стратегії керування.

У колективному керуванні кожен робот збирає інформацію про навколишнє середовище та свій стан та передає в канал зв'язку, з якого також отримує інформацію від інших роботів в групі. При цьому роботи самостійно оцінюють ситуацію базуючись на всій інформації та приймає рішення щодо подальших дій. Але така стратегія базується на складних алгоритмах функціонування та вимагає наявності потужних комп'ютерних технологій та роботів, що можуть впоратись з навантаженням при опрацюванні інформації.

У зграйному управлінні у роботів відсутній канал зв'язку, тому вони не володіють даними про інших членів групи та не мають змоги координувати свої дії. В такій системі роботи приймають рішення базуючись на меті та шляхом збору інформації про навколишнє середовище. В такому випадку при роботі групи у динамічному середовищі необхідно обрати попередньо оптимальні моделі поведінки для кожного роботу, тому треба сформулювати рішення роботів у зграї на кожному етапі. Таку систему слід використовувати у задачах, які можна розділити на незалежні підзадачі.

Суть ройового керування полягає у тому, що взаємодія відбувається між сусідніми роботами у групі. Тобто інформація отримується з навколишнього середовища та "сусідів", і базуючись на ній роботами приймаються рішення згідно поставленої мети. Така стратегія, порівняно з попередніми, дозволяє отримати більш повні та актуальні дані. До того ж, збільшення чисельності групи роботів не збільшує навантаження на бортові обчислювальні прилади, тобто зберігається масштабованість. Основою для цієї стратегії є "ройовий інтелект", який можна спостерігати у природі колонія мурах, бджіл, косяки риб, тощо. Ройовий інтелект описує колективну поведінку децентралізованої системи, яка здатна до самоорганізації.

Розрізняють два види ройового керування перший відносять до самоорганізованих систем, характерні природним утворенням. Вони мають наступні ознаки біологічної самоорганізації:

- рій складається з представників одного виду;
- жоден об'єкт групи не володіє індивідуальною свідомістю та свободою вибору;
- правила поведінки визначаються генетичним набором, що закладений в кожен об'єкт;
- діяльність рою спрямована на збереження рою як цілого та забезпечення його безпеки
- ролі об'єктів можуть відрізнитись.

Для такої системи немає централізованої системи управління поведінкою кожної особини. Локальні та випадкові взаємодії призводять до виникнення "квазіінтелектуальної" глобальної поведінки рою. В цьому випадку існує багатоагентна система, що є самоорганізованою та має "розумну" поведінку.

Ще один вид ройового інтелекту має керування, воно може надходити як від зовнішнього так і від лідера в середині групи. При наявності лідера в групі, він виконує команди, що надходять від центру, а решта роботів виконують дії, підкоряючись простим правилам.

Методи роєвої взаємодії знаходять застосування у завданнях управління великими групами наземних мобільних мікророботів (наприклад, проекти Swarm-bots і Swarmonoid).

Критерії, які є відмінними рисами ройової системи:

- роботи здатні рухатися та взаємодіяти з навколишнім середовищем без централізованого керування;
- завдання має виконуватися в сукупності великою кількістю об'єктів, тобто система має бути розроблена з урахуванням масштабованості;
- акцент більше робиться на велику кількість однакових роботів, ніж на централізовано-керовані гетерогенні об'єкти, де кожному роботу призначена "персональна" роль.

Можливі стратегії керування ройовою системою:

- централізована - дистанційне керування з виділеною базовою станцією, лідер рою призначається з центрального вузла;
- децентралізована - лідер рою визначається на основі будь-якого алгоритму і не залежить від центральної керуючої станції;
- змішана - поєднує в собі переваги централізованої і децентралізованої стратегій шляхом виділення лідера рою на основі одного з алгоритмів з передачею прав управління оператору при необхідності.

Незважаючи на всі переваги ройової робототехніки, вона володіє і недоліками:

- об'єктами управління є численні групи невеликих роботів, що вимагає наявності їх щодо недорогого масового виробництва;
- відсутність загальної теорії і підходів у створенні і розробці методів ройового керування групами роботів. Кожне нове завдання зараз вирішується практично "з нуля". Значна частина досліджень присвячена використанню природних аналогів методів ройового інтелекту для вирішення технічних завдань (мурахи, бджоли, косяки риб, зграї птахів). Однак відмінності в завданнях і можливостях природних і технічних систем значно ускладнюють пошук і адаптацію природних алгоритмів до вирішення технічних завдань.

Висновки. Сучасні тенденції виробництва, які спрямовані на збільшення продуктивності та ефективності процесів, вимагають активного використання груп мобільних роботів. Ці роботи використовуються у багатьох процесах, включаючи збірку, транспортування, фарбування та зварювання, для чого необхідна велика маневреність та маніпуляційність. У випадках, коли одна система не може виконати всі завдання, використання багатокомпонентних систем є найбільш ефективним рішенням. Синхронізація груп роботів є ключовим аспектом у забезпеченні їхньої співпраці для досягнення спільної мети. Кооперативна поведінка надає системам гнучкості та маневреності, які недосяжні для окремого робота. Синхронізацію можна визначити як взаємну відповідність двох або більше процесів, яку можна охарактеризувати за взаємозв'язками у системі. У залежності від типу взаємозв'язків у системі виділяють внутрішню та зовнішню синхронізацію. Внутрішня синхронізація передбачає взаємодію об'єктів на одному рівні у єдиній системі, що дозволяє забезпечити стійкість до виходу з ладу окремих елементів. Зовнішня синхронізація, навпаки, передбачає присутність одного потужного пристрою, який керує діями інших об'єктів у системі. Централізовані системи зовнішньої синхронізації мають свої переваги та недоліки. Найбільшою перевагою є можливість керування діями групи роботів з одного центрального пристрою, але це також робить систему вразливою до виходу з ладу цього пристрою. У внутрішній синхронізації роботи співпрацюють без центрального керівництва, що забезпечує більшу стійкість та надійність у роботі системи.

References

1. Abu-Jassar, A. T., Attar, H., Yevsieiev, V., Amer, A., Demska, N., Luhach, A. K., & Lyashenko, V. (2022). Electronic User Authentication Key for Access to HMI/SCADA via Unsecured Internet Networks. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2022, Article ID 5866922. <https://doi.org/10.1155/2022/5866922>.
2. Attar, H., & et al. (2022). Zoomorphic Mobile Robot Development for Vertical Movement Based on the Geometrical Family Caterpillar. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2022, Article ID 3046116, <https://doi.org/10.1155/2022/3046116>.
3. Nevliudov, I., Yevsieiev, V., Maksymova, S., Demska, N., Kolesnyk, K., & Miliutina, O. (2022, September). Object Recognition for a Humanoid Robot Based on a Microcontroller. In 2022 IEEE XVIII International Conference on the Perspective Technologies and Methods in MEMS Design (MEMSTECH) PP. 61-64. DOI: 10.1109/MEMSTECH55132.2022.10002906
4. Al-Sharo, Y., Abu-Jassar, A., Lyashenko, V., Yevsieiev, V., Maksymova, S. A Robo-hand prototype design gripping device within the framework of sustainable development, *Indian Journal of Engineering*, 20 2023 e37ije1673. <https://doi.org/10.54905/disssi.v20i54.e37ije1673>
5. Євсєєв В.В. Проектування мобільних роботів на базі одноплатних комп'ютерів (Raspberry Pi і мови Python 3.6) // Невлюдов І. Ш., Андрусевич А. О., Євсєєв В. В. Підручник. – Харків : 2020. С. 257.
6. Невлюдов І. Ш. ВЕАМ робототехніка : навч. посіб. / І. Ш. Невлюдов, В. В. Євсєєв, С. С. Максимова ; Харків. нац. ун-т радіоелектроніки, кафедра комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки (КІТАР). – Кривий Ріг : Видавець Чернявський Д. О., 2024. – 276 с. – ISBN 978-617-8045-79-1
7. Невлюдов І. Ш., Андрусевич А. О., Євсєєв В. В., Новоселов С. П., Демська Н. П. Проектування мобільних маніпуляційних роботів: Монографія. – Х. :, 2022. – 427 с.
8. Vladyslav Yevsieiev, Samariddin, S. M., Nikolay Starodubtsev, & Amer Abu-Jassar. (2024). ACTIVE CONTOURS METHOD IMPLEMENTATION FOR OBJECTS SELECTION IN THE MOBILE ROBOT'S WORKSPACE. *Journal of Universal Science Research*, 2(2), 135–145.
9. Vladyslav Yevsieiev, Svitlana Maksymova, & Nataliia Demska. (2024). Using Contouring Algorithms to Select Objects in the Robots' Workspace. *TECHNICAL SCIENCE RESEARCH IN UZBEKISTAN*, 2(2), 32–42.
10. Svitlana Maksymova, Vladyslav Yevsieiev, & Amer Abu-Jassar. (2024). Gripping Device Development: Some Aspects. *Journal of Universal Science Research*, 2(1), 150–158.
11. Svitlana Maksymova, Vladyslav Yevsieiev, & Amer Abu-Jassar. (2024). The Bipedal Robot a Kinematic Diagram Development. *Journal of Universal Science Research*, 2(1), 6–17.
12. Yevsieiev, V. Comparative Analysis of the Characteristics of Mobile Robots and Collaboration Robots Within INDUSTRY 5.0. / V. Yevsieiev, D. Gurin // In the VI International Scientific and Theoretical Conference, September 8, 2023. Chicago, USA. P.92-94
13. Yevsieiev, V. ., & Gurin, D. . (2023). COMPARATIVE ANALYSIS OF THE BASIC METHODS USED IN INDUSTRY 4.0 AND INDUSTRY 5.0. *Collection of Scientific Papers «ΛΟΓΟΣ»*, (September 29, 2023; Bologna, Italy), 113–115. <https://doi.org/10.36074/logos-29.09.2023.31>
14. Yevsieiev V. Application of Generative Design Methods for Improving Manipulator Designs for Mobile Robots / V. Yevsieiev, N. Demska // Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології у виробництві та освіті: стан, досягнення, перспективи розвитку: матеріали Всеукраїнської науково-практичної Інтернет-конференції. – Черкаси, 2023. - 165 с. С.161-163
15. Vladyslav Yevsieiev, Nikolaj Starodubcev (2023). Development of a control algorithm for a small-sized mobile manipulation robot. *Scientific Collection «InterConf»*, (140), P. 648-651.