

АНАЛІЗ ТА ПОРІВНЯННЯ МЕТОДІВ НАВІГАЦІЇ КОЛЕКТИВУ АВТОНОМНИХ МОБІЛЬНИХ АГЕНТІВ

Розглянуто проблему навігації автономних мобільних агентів. Проведено аналіз та порівняння кількох методів навігації апаратів котрі працюють в складі колективу.

The problem of autonomous navigation of mobile agents. Analysis and comparison of several methods of navigation devices that work as part of team.

Вступ. При виконанні завдань де застосовується група автономних робототехнічних мобільних агентів постає проблема організації навігації. Складність цієї проблеми полягає в тому, що навігаційна система агента повинна вміти будувати маршрут, керувати параметрами руху, і постійно відстежувати власні координати.

Огляд існуючих методів навігації. Для мобільного агента який працює в колективі, задача навігації поділяється на глобальну, локальну і внутрішню [1,2]. Глобальна навігація надає дані про розташування на планеті, в даний час реалізується за допомогою систем GPS, ГЛОНАСС, Galileo, Beidou. В той же час дані системи не мають достатньої точності та не працюють під землею чи в закритих приміщеннях. Локальна навігація надає дані про рух колективу, його напрям та швидкість, відстань до об'єкту досліджень. Зазвичай для таких цілей застосовують наперед визначені маршрути руху для кожного агента або мережі стаціонарних маяків [3]. Такі системи навігації потребують постійного догляду й не придатні для використання за межами визначеної території. Внутрішня навігація забезпечує агента даними про розташування його в колективі, відстані до сусідів і інформацією для уникнення зіткнень. Ця навігація реалізується шляхом об'єднання всіх агентів в мережу і надаючи кожному агенту відомості про точне розташування сусідів. Але внутрішня навігація застосовується лише при обмеженій кількості агентів в колективі.

Оскільки методам організації глобальної навігації присвячено багато досліджень, а внутрішня навігація має обмежене застосування, приділимо основну увагу методам організації локальної навігації. Розглянемо кілька різних методів побудови локальних систем навігації в групі апаратів, які рухаються по невідомій території.

1 - Метод навігації колективу, в якому навігаційні системи кількох апаратів доповнюють один одного [4]. Цей метод орієнтований на визначення координат декількох апаратів, які рухаються в колоні. Технологія опирається на «періодичну стаціонарну базу DGPS», де ведучий і замикаючий апарат в колоні вибираються як базова станція DGPS. Як тільки колона починає рух, замикаючий апарат зупиняється, щоб забезпечити диференціальними поправками GPS-приймачі на рухомих апаратах через радіоканал (рис.1). Пройшовши зумовлену таким методом певний шлях, колона зупиняється, щоб замикаючий апарат наздогнав колону. В той же час ведучий апарат бере на себе роль базової станції DGPS, забезпечуючи диференціальними поправками решту апаратів. Коли замикаючий апарат доганяє колону, яка зупинилася, то роль стаціонарної бази DGPS повертається до замикаючого апарата, а колона продовжує рух.

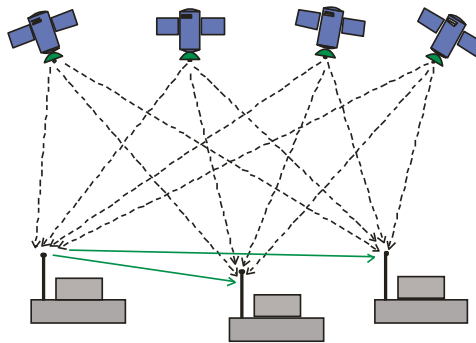


Рис. 1. Навігація за допомогою DGPS

Ця технологія дозволяє досягти точності DGPS на великих територіях при мінімальній залежності від стаціонарних базових станцій DGPS. Недоліки цього підходу полягають у необхідності періодичних зупинок колони. Навігація групи апаратів весь час залежить від функціонування замикаючого або ведучого апарату. Для подолання деякої відстані потрібно вдвічі більше часу, оскільки половину часу колона не рухається, очікуючи замикаючий апарат.

2 - Реалізація навігації колективу апаратів в умовах щільної забудови або в умовах лабіринту виконано за допомогою централізованого керування одним апаратом [5]. За цим методом оператор керує лідируючим апаратом, а апарат в свою чергу керує групою апаратів (рис. 2). Апарати розходяться по можливих шляхах, й передають відомості про своє положення лідеру. Лідер, представляє підконтрольні апарати у вигляді вершин графа, а відстані між апаратами у вигляді ребер графа які мають різну вагу. Оперуючи такими даними лідер обирає оптимальний шлях проходження території. Оператор не втручається в вибір шляху, він лише задає напрям.

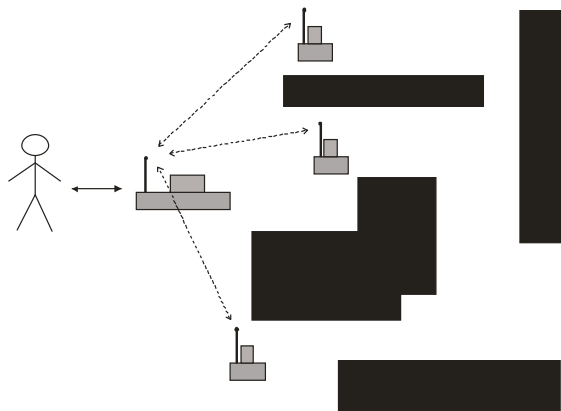


Рис. 2. Навігація за допомогою централізованого керування одним апаратом

Навігацію здійснює лідер колективу, керуючи іншими елементами. Недоліком цього методу є наявність лідера, і складність всіх елементів колективу. Якщо лідируючий апарат перестане функціонувати, колектив не зможе продовжувати виконувати завдання

3 - Розглянемо метод навігації в колективі апаратів, які реалізують навігацію, що існує в колонії мурах. В колоніях мурах спостерігають два основних режими навігації. У першому режимі, навігація здійснюється за допомогою певних речовин – феромонів, котрі виділяються на всьому шляху руху мурашки. Феромони – це спеціальні хімічні речовини які виділяють мурашки під час руху. Мурахи як правило рухаються по маршрутах, в яких найбільша концентрація феромонів. Мураха має можливість видавати свої феромони, коли знаходить об'єкт інтересу (їжу, дрібні частинки). Ці феромони служать маяками для інших мурашок. Навігацію мурашок використали при проектуванні системи пошуку і локалізації зони збурень (рис. 3)[6]. Аналогом хімічних феромонів мурашок, стали цифрові феромони –

радіосигнали певних частот. Даний метод не в змозі визначити точні координати, і передбачає що кожен елемент колективу матиме обширні функціональні можливості для забезпечення навігації.

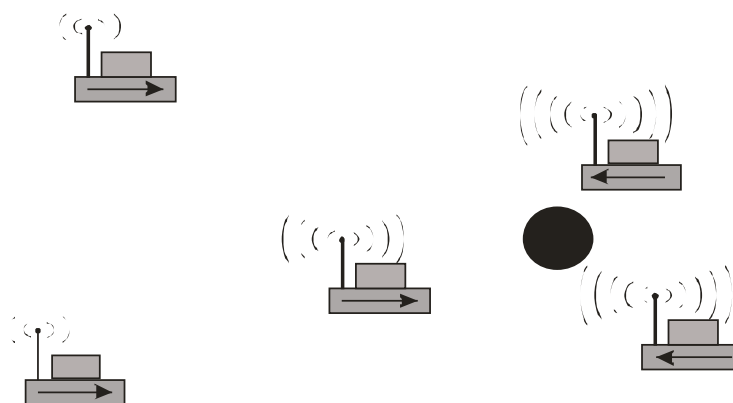


Рис. 3. Керування апаратами за допомогою «Навігації мурашок»

4 - Розвитком ідеї «цифрових феромонів» є метод навігації в колективі за допомогою сигналів залучення та ухилення [7]. Система навігації заснована на простих радіомаяках, і може бути реалізована з відносно простого устаткування, не вимагає наявності цифрової мережі зв'язку для виконання своїх функцій (рис. 4). В цілому, запропонована система включає два типи радіомаяків, які є в кожному агенті: маяк цільового залучення і маяк ухилення від зіткнення. Кожен апарат, окрім маяків залучення і ухилення має дві антени. Під час руху в колективі, порівнюючи силу сигналу на двох антенах, визначається напрям руху. Сигналами для порівняння є сигнал ухилення від зіткнень, який генерує апарат, що знаходиться поруч, та сигнал цільового залучення. Якщо інтенсивність сигналу зіткнення вища інтенсивності сигналу залучення, то апарат обходить сусіда, щоб уникнути зіткнення. Запропонована система навігації вирішує проблему координації апаратів в колективі, а також дозволяє виконувати колективом задачі пошуку та руху роєм. Особливістю цього методу є невелика складність методу навігації. Недоліком цього методу можна вважати відсутність інформації про поточне місце розташування. Колектив апаратів, навігація якого здійснюється за цим методом, не здатен повернутися в початкове положення.

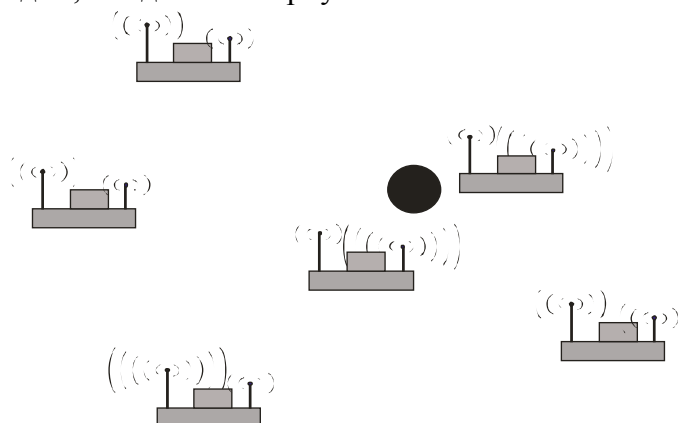


Рис. 4. Навігація за допомогою сигналів залучення та ухилення

5 - Розглянемо метод навігації для колективу апаратів, де кожен апарат володіє інформацією про свої координати [8]. При цьому варіанті навігації кожен апарат обладнаний радіопередавачем / приймачем, має можливість визначати відстань і кут до іншого апарату, та має сенсори для визначення перешкод. Колектив розглядається як єдине ціле, напрям руху

колективу є вектор, який являє собою векторну суму векторів руху кожного елемента колективу (рис.5).

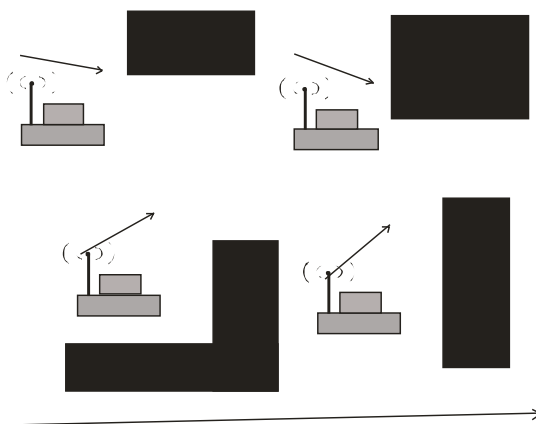


Рис. 5. Навігація за методом векторного руху

За методом “векторного руху” можливі кілька варіантів руху колективу. Зокрема рух за лідируючим апаратом. Метод руху при потраплянні колективу в небезпечну зону передбачає, що найбільш постраждалі апарати або апарати, ресурси яких вичерпується, перетворюються на блокуючі маяки. Для обрахунку місця розташування під час руху, колектив може визначати кілька довідникових апаратів, які оголошують про своє місце розташування. Даний метод навігації задовольняє потреби колективу в інформації про своє розташування. Недоліком цього методу є велика складність кожного апарата в колективі. Визначення відстані та кута, виявлення перешкод, це неповний перелік того чим повинен володіти кожен апарат колективу

Порівнюємо позитивні й негативні сторони цих методів. Виділимо сім функціональних особливостей за якими будемо робити порівняння вище наведених методів, узагальнені характеристики відображені в табл. 1.

Таблиця 1

Порівняння функціональних особливостей методів навігації в колективі апаратів.

| | | | | | |
|--|----|----|----|----|----|
| Основні особливості методів локальної навігації | | | | | |
| Залежність навігації тільки від одного апарата | ак | ак | і | і | і |
| Функціонування колективу при втраті лідируючого апарату. | ак | і | ак | ак | ак |
| Наявність даних про точне місце розташування апаратів. | ак | ак | і | і | ак |
| Залежність від зв'язку з іншими апаратами. | ак | ак | і | і | ак |
| Необхідність однорідності колективу. | і | і | і | ак | ак |
| Залежність від зовнішніх сторонніх маяків. | ак | і | і | ак | і |
| Немає обмеження по кількості апаратів у колективі | і | і | ак | ак | і |

Сформулюємо рекомендації до побудови ефективної системи локальної навігації в колективі автономних мобільних апаратів. Навігація повинна реалізовуватись на

функціонально простих апаратах. Підрахунок пройденого шляху можна здійснити за допомогою інерційної системи навігації - одометра. Апарати, що входять в склад колективу, будуть доповнювати навігаційні системи один одного для збільшення надійності і точності. Кожному апарату в колективі нема потреби знати про розташування всіх апаратів. Варто знати лише про розташування сусідів. Відштовхуючись від цього можна будувати колективи не обмежені по кількості елементів.

Висновки. В роботі розглянуто проблему навігації колективу мобільних автономних апаратів. Розглянуто кілька методів для реалізації навігації колективу апаратів. Проаналізовано позитивні та негативні сторони кожної з систем.

Література.

Голембо В. А., Гребеняк А. В. *Організація навігації в колективі автономних мобільних агентів.* // Вісник НУ "Львівська політехніка" "Комп'ютерні системи та мережі", 2010, № 745. – С.61-68.

Голембо В. А., Бочкар'єв О. Ю., Гребеняк А. В. *Проблема організації узгоджених колективних дій автономних мобільних підводних апаратів* // Вісник НУ "Львівська політехніка" "Комп'ютерні науки та інформаційні технології".- 2009. № 650. –С. 168-173.

Бобровський С. *Навігація мобільних роботів* // PC Week/RE № 9 от 16.04.2004, стр. 52; № 10 от 23.04.2004, стр. 53; № 11 от 30.04.2004, С. 45.

Jonathan Dixon, Oliver Henlich. *Mobile Robot Navigation (Final Report)* // Imperial College, London, information systems engineering year 2: Surprise 1997 : http://www.doc.ic.ac.uk/~nd/surprise_97/journal/vol4/jmd/

Pub. No.: EP 1548530A1. *Methods of controlling swarm of robots.* / Weis Bernd Xaver, Weik Hartmut. Pub. Date: 2005-06-29.

Pub. No.: US 2006/161405 A1. *Methods for locating targets and simulating mine detection via a cognitive, swarm intelligence-based approach.* / Munirajan V.K. Pub. Date: 2006-07-20.

Pub. No.: US 2009/099768 A1. *Methods and Apparatus for Swarm Navigation of Multiple Agents.* / Bauer P.K., Scheutz M.. Pub. Date: 2009-04-16.

[8] Pub. No.: WO0208843 A2. *Method and apparatus for controlling the movement of a plurality of agents.* / Howard M., Payton D., Hoff B., Lee C., Daily M.. Pub. Date: 2003-01-14

Наукові результати, подані у цій статті, було отримано в рамках дослідницького проекту ДБ/КІБЕР з реєстраційним номером 0115U000446, 01.01.2015 - 31.12.2017, фінансово підтриманим Міністерством освіти та науки України.