

Проблеми управління групою автономних рухомих об'єктів у 3D просторі

Долина Віктор Георгійович
доцент, к.т.н.
КПІ ім. Ігоря Сікорського
Україна, Київ

Пріліпухов Євгеній Вадимович
студент
КПІ ім. Ігоря Сікорського
Україна, Київ

В роботі розглядається проблема керування групою безпілотних апаратів. Описані тенденції розвитку безпілотних систем. Розглянуті два методи вирішення проблем з керуванням об'єктів у групах, а саме мультиагентний метод і метод ройового інтелекту.

Ключові слова: *безпілотні системи, БПЛА, ройовий інтелект, мультиагентний метод, мікрокомп'ютер.*

В сучасному світі безпілотні літальні апарати (БПЛА) користуються все більшою популярністю в якості малих, легких і недорогих інструментів для доставки вантажів, наукових цілей, геологічної розвідки, повітряних зйомок, військової та правоохоронної справи. До недавнього часу БПЛА використовувались переважно у військовій справі, але з плином часу і при швидкому розвитку техніки постають виникають нові можливості та з'являються різноманітні задачі цивільного призначення. У всьому світі ведуться і впроваджуються розробки з використанням БПЛА в області комерційних вантажоперевезень, сільськогосподарській діяльності, у пошуково-рятувальних і різних моніторингових задачах[1]. Однією із головних переваг використання БПЛА є відсутність людського фактору при виконанні поставленої задачі, який може зіграти негативну роль в надзвичайних ситуаціях.

На теперішній час для виконання поставлених задач досить розповсюджене використання не одного БПЛА, а декількох, які утворюють певну групу в якій окремі БПЛА виконують власні, проте, схожі між собою, задачі. Більшість сучасних систем управління групою БПЛА характеризуються відсутністю автономного прийняття нових, складних задач, що дозволяють групі БПЛА оперативно приймати ефективні рішення по змінній сценарію виконання поставлених задач. Типовими прикладами подій, що визивають необхідність в постановці нових задач є: поява нової вигідної інформації, для більш ефективного виконання задач, вихід зі строю частини деталей або ресурсів, а також зміна критеріїв прийняття рішень. Чим більша неоднозначність, більш розподілений характер процесів прийняття рішень і чим частіше трапляються незаплановані події, тим нижча ефективність сучасних систем, які не можуть самостійно приймати рішення і в автоматичному режимі перебудовуватися під зміни навколишнього середовища. Крім того, бідь-яка модифікація схем прийняття рішень в традиційних системах представляє собою дуже складний в розумінні і виконанні процес, що потребує високої кваліфікації розробників[2], що, в свою чергу, суттєво збільшує вартість розробки і експлуатації таких систем.

На теперішній час для вирішення проблем управління групою безпілотних рухомих об'єктів (БРО) існує два гра-

ничних підходи: мультиагентний метод і метод ройового інтелекту. Між цими двома підходами існує поле можливих їхніх комбінацій, які необхідно досліджувати і визначати оптимальні з урахуванням вирішуваних задач. БПЛА є різновидом БРО і всі ці підходи також можуть бути застосовані для керування групою БПЛА.

В основі мультиагентного методу лежить поняття «агента», програмного об'єкта, розташованого на кожному окремому БПЛА, який за допомогою датчиків дозволяє сприймати ситуацію, приймати рішення і взаємодіяти з подібними системами. Характерними особливостями технології є:

- здатність до колективної, цілеспрямованої поведінки в інтересах вирішення загальної задачі;
- автономність, тобто здатність самостійно вирішувати локальні задачі;
- здатність до активних дій заради досягнення загальних або локальних цілей;
- адаптивність, тобто можливість автоматично пристосовуватись до динамічно-змінюваного середовища;
- можливість активно переміщуватися, цілеспрямовано шукати і знаходити інформацію, енергію, об'єкти і ресурси які необхідні для колективного вирішення задачі[3].

Ці можливості кардинально відрізняють мультиагентні системи від інших існуючих для управління групою незалежних, автономних об'єктів.

Таким чином, для створення мультиагентної системи для групи БПЛА кожен БПЛА має бути обладнаний наступними приладами:

- невеликий за масою, але потужний мікрокомп'ютер для роботи в реальному часі;
- датчики для визначення поточного стану БПЛА;
- датчики для визначення положення БПЛА та дослідження оточуючого простору;
- засоби зв'язку для організації впевненого обміну даними «агентів» між собою;
- виконавчі пристрої та джерело живлення.

На мікрокомп'ютер одного «агента» серед групи БПЛА покладається вирішення таких задач:

- визначення точного місцезнаходження;

- визначення ступеня виконання задач;
- обмін даними з іншими «агентами» системи;
- порівняння своїх даних з поставленою задачею;
- корегування власних дій за прийнятими даними;
- управління виконавчими пристроями.

Мікрокомп'ютер у БПЛА відповідає за функцію низького та високого рівня управління. Низькорівнева система керування відповідає за роботу давачів і виконавчих пристроїв. Система керування високого рівня відповідає за стійкий рух, вирівнювання апарату, направлення руху, корегування та підтримання потрібного курсу, а також, в цілому, за виконання своєї задачі. Керування людиною обмежується постановкою глобальних задач[4].

Іншим підходом вирішення проблем управління групою безпілотних об'єктів є метод ройового інтелекту.

Ройовий інтелект – це аналог природного поведіння тварин у великих децентралізованих групах, в яких керування відбувається на принципах самоорганізації.

В групі безпілотних апаратів, які взаємодіють на основі ройового інтелекту, кожен апарат здійснює взаємодію лише з декількома, найближчими до нього в даний момент, апаратами. При цьому дальність зв'язку та енерговитрати на інформаційну передачу відносно невеликі. Безпілотні апарати приймають рішення щодо поточної поведінки, спираючись на самостійно зібрані дані про навколишнє середовище, а також на дані сусідніх апаратів. Енерговитратний зв'язок з центральним пристроєм керування відбувається дуже рідко, і не зі всіма апаратами групи, і лише для того, щоб отримати інформацію по задачах, які стоять перед групою та для передачі інформації про стан групи, хід виконання задачі та інших даних.

Методи ройової взаємодії вже знаходять своє використання в задачах управління великими групами наземних мобільних роботів (Swarm-bots), що може слугувати підтвердженням того, що використання цього методу для груп БПЛА може виявитися дуже ефективним[5].

Використання ройових методів взаємодії в групах БПЛА допоможе вирішити ще одну проблему – збір даних про навколишнє середовище. Габарити БПЛА можуть істотно обмежувати доступний набір бортових датчиків та їхній діапазон дії. Обмежений енергоресурс також погано впливає на допустимі енерговитрати засобів збору даних про навколишнє середовище, що призводить до зменшення радіусу роботи активних засобів збору даних, таких як лазерні далекоміри, ультразвукові датчики, системи орієнтації тощо. Ці обмеження призводять до того, що БПЛА може самостійно зібрати інформацію лише з певної області навколо себе. Хоча для забезпечення стійкого руху апарат потребує даних про нерухомі і рухомі об'єкти, що розташовані в значно більшій зоні, особливо по курсу руху. При ройовій взаємодії в групі, сусідні апарати обмінюються інформацією про навколишнє середовище, розширюючи таким чином доступні всім дані про перешкоди, повітряні потоки та інші важливі параметри середовища.

Виконання групою безпілотних апаратів загальної задачі потребує дотримання певних дистанцій між апаратами. Наприклад, при виконанні задач збору інформації на певній території, БПЛА повинні літати на

таких дистанціях, щоб мінімізувати перекривання робочих зон сенсорних датчиків і, в той же час, не допускати «пробілів» на мапі[6]. При ройовій взаємодії, кожен БПЛА визначає дистанції до сусідів і сам корегує свій курс таким чином, щоб дотримуватись потрібних дистанцій між апаратами, і не зближуватись з перепонами.

Таким чином використання мультиагентного підходу дозволяє управляти групою БПЛА умовно незалежних, що виконують задачі, які істотно відрізняються одна від одної. При використанні ройових методів всі БПЛА покликані виконувати одну загальну задачу і діють як розподілений об'єкт. Проаналізувавши відмінності обох підходів основні висновки зведено в таблицю 1.

Таблиця 1 – Особливості використання мультиагентного і ройового підходів до управління групою БПЛА

<i>Критерій</i>	<i>Мультиагентний підхід</i>	<i>Ройовий підхід</i>
Автономність групи	Група БПЛА може діяти автономно	Група може діяти автономно
Автономність окремого БПЛА	Окремий БПЛА може діяти цілком автономно	Окремому БПЛА необхідна постійна комунікація з членами групи
Розміри групи	Від одного БПЛА	Група має складатись з кількох БПЛА, що дадуть змогу їй ефективно функціонувати
Кількість виконуваних групою задач	Фактично кожен БПЛА в групі може виконувати окрему задачу	Група виконує одну розподілену або невелику кількість схожих задач
Розміри окремого БПЛА	БПЛА повинен мати достатні розміри, аби нести на собі всі необхідні для автономного польоту датчики і засоби комунікації	БПЛА може мати мінімальні розміри, проте має нести на собі деякі датчики і засоби комунікації
Комунікаційні можливості	Кожен БПЛА повинен мати можливість комунікації з координаційним центром	Кожен БПЛА повинен мати можливість комунікації з членами групи
Можливість використання БПЛА різних модифікацій	Можуть бути використані БПЛА різних модифікацій для виконання різних окремих завдань	Можуть бути використані БПЛА різних модифікацій для забезпечення ефективності функціонування групи
Вартість окремого БПЛА	Вартість окремого БПЛА висока	Вартість окремого БПЛА невисока

Отримані результати ілюструють те, що мультиагентний підхід варто використовувати у разі виконання БПЛА в складі групи окремих задач і забезпечення обміну між ними даними, що не мають критичної терміновості. Проблема уникнення несподіваних зіткнень між БПЛА лежить на датчиках і знанні маршрутів руху інших БПЛА.

Ройовий підхід слід використовувати, коли для виконання окремої задачі або групи схожих задач використовується велика кількість порівняно недорогих БПЛА, які функціонують як розподілений у просторі об'єкт, частини якого постійно обмінюються між собою інформацією про свій стан.

Подальшими шляхами дослідження є створення моделей впливу тих чи інших критеріїв на ефективність автономної роботи групи БПЛА які виконують конкретні задачі як то доставка вантажів, правоохоронна діяльність, тощо.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Трубіков Г. В. Применение беспилотных летательных аппаратов в гражданских целях / Г. В. Трубіков. – 2008. – С. 1.
2. Baxter J. W. Fly-by-Agent: Controlling a Pool of UAVs via a Multi-Agent System / J. W. Baxter, G. S. Horn, D. P. Leivers. // QinetiQ Ltd Malvern Technology Centre St Andrews Road. – 2007.
3. Скобелев П. О. Открытые мультиагентные системы для оперативной обработки информации в процессах принятия решений / П. О. Скобелев. – Самара, 2003. – 418 с. – (Автометрия). – (6).
4. Адаптивное управление автономной группой беспилотных летательных аппаратов / К. С.Амелин, Е. И. Антал, В. И. Васильев, Н. О. Граничина. // СПГУ. – 2009. – С. 160–161.
5. Попов В. А. Развитие направления миниатюрных беспилотных летательных аппаратов за рубежом / В. А. Попов, Д. В. Федутин. // ФГУП «ГосНИИАС».
6. Иванов Д. Я. Методы роевого интеллекта для управления группами малоразмерных беспилотных летательных аппаратов / Д. Я. Иванов. // Известия ЮФУ. – С. 222–225.