

Слюсар В.І.
Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки
ЗС України,
Налапко О.Л.
Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки
ЗС України

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНЕ УПРАВЛІННЯ МЕРЕЖЕВИМИ РЕСУРСАМИ РОЮ БПЛА В УМОВАХ РЕБ

Сучасні бойові дії характеризуються масовим застосуванням БПЛА, що діють у складі рою для виконання складних тактичних завдань. Однак, ефективність таких операцій значно знижується під впливом засобів РЕБ, які порушують канали управління, навігації та передачі даних. Це призводить до швидкого виснаження енергетичних ресурсів через необхідність підвищення потужності передавачів та виконання повторних маневрів, а також до втрати мережевої зв'язності та колапсу координації в рої. Таким чином, розробка адаптивних механізмів управління ресурсами є критично важливим завданням для підтримки функціональності та живучості рою БПЛА.

Для вирішення проблеми пропонується управління мережевими ресурсами рою БПЛА на основі моделі дворівневої системи прийняття рішень (рис. 1).

Перший рівень системи - це локальний (агентний) рівень, де кожен БПЛА в рої є автономним агентом, керованим моделлю глибокого навчання з підкріпленням (Deep Q-Network - DQN). Агент в реальному часі аналізує якість зв'язку та наявність завад. На основі цих даних він приймає рішення щодо:

- управління потужністю, для визначення необхідної потужності передавача з метою забезпечення стійкого зв'язку та мінімізації енерговитрат;
- вибору каналів зв'язку, в результаті якого відбувається адаптивне переключення частот для уникнення заблокованих перешкодами діапазонів;
- коригування польотного завдання для виконання локальних маневрів для виходу із зони дії РЕБ або для відновлення зв'язку.

Другий рівень системи - глобальний рівень (ройовий), на якому застосовуються принципи ройового інтелекту для координації дій усього рою. На цьому рівні, використовуючи обмежені дані, що передаються між агентами, система вирішує наступні завдання:

- динамічна реконфігурація мережі для підтримки стійкої топології зв'язку (ad-hoc-мережа) шляхом зміни позицій окремих БПЛА для ретрансляції сигналу з інших БПЛА;
- колективний розподіл завдань, а саме перепризначення ролей (напр., розвідник, ретранслятор, ударний дрон, тощо) залежно від мережевого статусу кожного апарату;
- глобальна оптимізація маршрутів та режимів роботи для максимального продовження часу виконання місії.

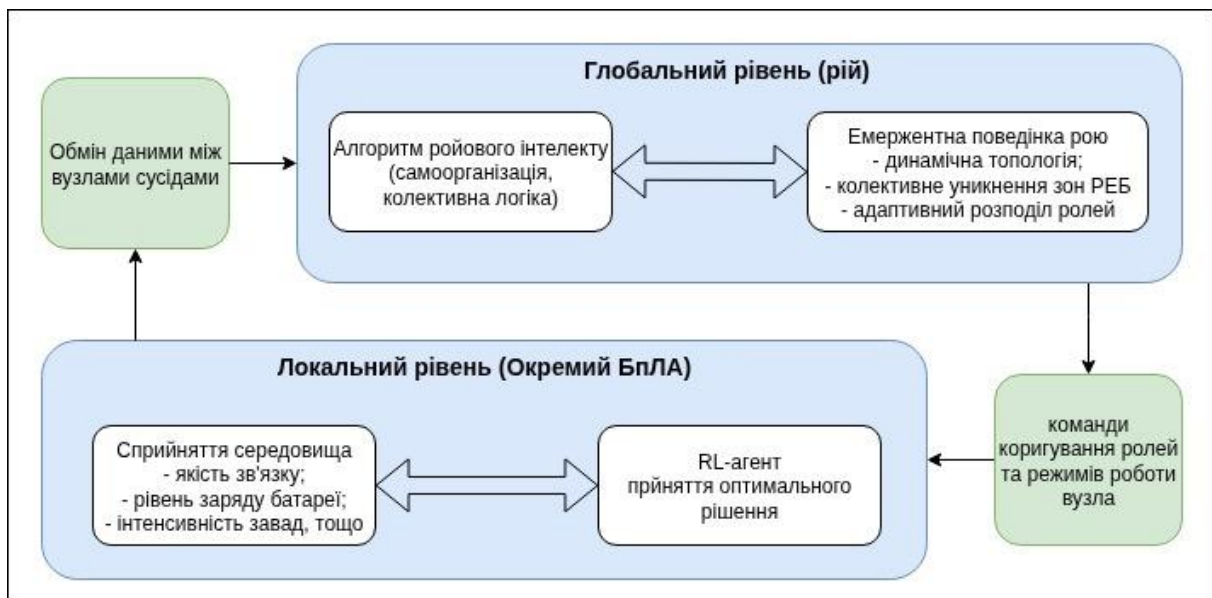


Рис. 1 - Система інтелектуального управління мережевими ресурсами рою БПЛА в умовах РЕБ.

Очікуваними результатами застосування запропонованої моделі управління мережевими ресурсами рою БПЛА є значне підвищення стійкості рою БПЛА в умовах РЕБ порівняно з традиційними централізованими та детермінованими методами управління. Очікується, що гібридна модель ройового інтелекту з навчанням та підкріпленням (RL/Swarm) дозволить:

підвищити стійкість мережевої зв'язності до 70% навіть при втраті понад 30% вузлів (БПЛА);

скоротити час на прийняття колективних рішень завдяки децентралізованій архітектурі управління.

Висновки

Запропонований підхід інтелектуального управління ресурсами відкриває нові можливості для створення високоефективних та автономних роїв БпЛА, здатних успішно виконувати завдання в умовах жорсткої радіоелектронної протидії. Подальші дослідження будуть спрямовані на розробку полегшених версій моделей роєвого інтелекту (RL-моделей) для імплементації на бортових обчислювальних пристроях з обмеженими ресурсами.