

Перепеліцин Сергій Олександрович,керівник науково-дослідної лабораторії Національної академії НГУ,
м. Харків, Україна,
ORCID ID 000-0002-8435-2729

АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ТУМАННИХ ОБЧИСЛЕНЬ У ВІЙСЬКОВИХ БЕЗДРОТОВИХ МЕРЕЖАХ УПРАВЛІННЯ ТАКТИЧНОГО РІВНЯ

У статті проведено аналіз можливості застосування туманних обчислень у військових бездротових мережах управління тактичного рівня – таке питання досліджується вперше у відкритих джерелах наукової інформації; розглянуто, як туманні та хмарні обчислення використовуються у провідних країнах світу, а також застосування децентралізованих туманних мереж в управлінні військовими сенсорними пристроями, групами мікродронів типу “рій”, роботизованими системами відеоспостереження.

Ключові слова: *сенсори військового призначення, безпілотні літальні апарати, опорна мережа, мікродрони, мережецентричні платформи.*

В статті проведено аналіз можливості застосування туманних обчислень у військових бездротових мережах управління тактичного рівня – таке питання досліджується вперше у відкритих джерелах наукової інформації; розглянуто, як туманні та хмарні обчислення використовуються у провідних країнах світу, а також застосування децентралізованих туманних мереж в управлінні військовими сенсорними пристроями, групами мікродронів типу “рій”, роботизованими системами відеоспостереження.

Ключевые слова: *сенсоры военного назначения, беспилотные летательные аппараты, опорная сеть, микродроны, сетевые платформы.*

Вступ

Вимога високої мобільності військ одночасно з відсутністю доступу до космічних засобів зв'язку та навігації вимагає внесення істотних змін в організацію системи управління та зв'язку в силових структурах більшості держав, зокрема і в Україні. Стрімке збільшення питомої ваги високоточної зброї в загальному обсязі засобів ураження, а також прагнення супротивника, в першу чергу, вражати вузли зв'язку і управління спричинить втрату зв'язності і, можливо, повну децентралізацію системи державного і військового управління вже на початковому етапі конфлікту. Це вимагає розробки систем і засобів прийняття рішень в умовах низької зв'язності системи управління. Окремі сегменти системи управління мають бути здатні вирішувати ключові завдання в умовах короткочасної або тривалої відсутності зв'язку з вищими ланками управління.

Мобільна телекомунікаційна мережа тактичного рівня провідних країн світу – це структура типу “решітка” або “стілники”, в основі якої – автоматизовані опорні телекомунікаційні вузли, які з’єднані між собою радіорелейними лініями або ретрансляторами з різними зонами покриття залежно від частотного діапазону, що використовується. До опорних вузлів підключаються автоматизовані вузли доступу, які є вузлами зв’язку пунктів управління, та пункти радіодоступу, що забезпечують вихід абонентів боєвих радіомереж на мобільні і стаціонарні опорні телекомунікаційні мережі.

Основними тенденціями розвитку й модернізації військових систем і засобів зв’язку провідних країн є: забезпечення їх високої мобільності, живучості, захищеності та пропускної спроможності; сумісність із мережами загального користування національних систем зв’язку, мережами зв’язку інших військових формувань і коаліційних військ під час виконання спільних завдань; інтеграція видів зв’язку та автоматизація основних процесів інформаційного обміну й управління; інтеграція декількох функцій в одному технічному пристрої; уніфікація та стандартизація засобів і комплексів зв’язку; впровадження перспективних засобів криптографічного захисту інформації; освоєння нових діапазонів частот.

Метою статті є проведення аналізу можливості застосування туманних обчислень у військових бездротових мережах управління тактичного рівня – таке питання досліджується вперше у відкритих джерелах наукової інформації; вивчення, як туманні та хмарні обчислення використовуються у провідних країнах світу; застосування децентралізованих туманних мереж в управлінні військовими сенсорними пристроями, групами мікродронів типу “рій”, роботизованими системами відеоспостереження.

Аналіз досліджень та публікацій

Розглянута архітектура мобільних бездротових мереж, які мають динамічну структуру без базових станцій та фіксованої маршрутизації [1].

У статті [2] зазначено, що найскладніше – формування необхідних алгоритмів управління та його інформаційного забезпечення для щільної групи БПЛА, відстань між окремими дронами порівняно з роздільною здатністю засобів виявлення супротивника.

Стаття [3] показує перспективні напрями використання мініатюрних безпілотників на прикладі моделі Perdix, які успішно використовує Міністерство оборони США.

Стаття [4] розкриває перспективні напрями досліджень і прикладних розробок, які проводяться у РФ для поліпшення систем управління БПЛА із застосуванням можливостей нейромереж і нейромережових блоків.

У статті [5] наведено, в якому стані знаходяться технології БПЛА в Україні. Дві найгостріші проблеми – це технологічна та матеріальна база.

Напрями досліджень, які слід спрямувати на розв’язання практичних завдань реалізації групового управління при керуванні БПЛА, професійно розглянуті у статті [6].

Виклад основного матеріалу дослідження

Структура архітектури мобільних бездротових мереж – динамічна та може

існувати без базових станцій і фіксованої маршрутизації. Вузли таких мереж мають швидко адаптуватися до постійних змін топології радіомережі та максимально використати мережні ресурси. У середовищі української наукової спільноти, яка розробляє телекомунікаційні бездротові мережеві технології, вироблено бачення архітектури мобільного компонента тактичного рівня управління:

- 1) перший рівень – мобільні радіомережі низової ланки управління;
- 2) другий рівень – мережі мобільних базових станцій, що утворюють опорну мережу;
- 3) третій рівень – мережа, яка може бути реалізована на безпілотних літальних апаратах;
- 4) нульовий рівень – який утворюють сенсорні мережі.

Для цієї теми особливо цікавими є нульовий і третій рівні архітектури мобільної бездротової мережі тактичного рівня управління. Парадигма управління мобільними радіомережами, координація та інтелектуалізація рівнів еталонної моделі взаємодії відкритих систем (OSI) досить професійно розглянута в циклі публікацій фахівців Військового інституту телекомунікацій та інформатизації імені Героїв Крут. З математичними розрахунками запропонованого методу і отриманими результатами можна ознайомитися в роботі [1].

Можливість швидкого та безпечного доступу до даних, які необхідні, безперервний зв'язок з потрібними відомостями, спілкування у професійних соцмережах незалежно від місця розташування стрімко зростає. Усі ці сервіси сьогодні можливі завдяки хмарним технологіям. Хмарні обчислення (cloud computing) – це сервіс, що передбачає віддалену обробку та зберігання даних. Для цього використовуються центри обробки даних. Компанії, яка застосовує хмарні технології, не обов'язково створювати свою ІТ-інфраструктуру – все необхідне їй може надати провайдер. Ця технологія надає користувачам мережі Інтернет доступ до комп'ютерних ресурсів сервера і використання програмного забезпечення як онлайн-сервіса. Хмарні обчислення найбільш динамічно розвиваються останнє десятиліття, рівень проникнення технології в розвинених країнах перевищує 90 %. Компанії-оператори хмар і дата-центрів проводять експертизу в цій галузі і можуть надати користувачеві найбільш досконалі технологічні рішення у сфері ІТ-інфраструктури. Хмарні обчислення важливі для збору, зберігання і обробки великих обсягів інформації, наприклад там, де застосовуються технології нейромережевих обчислень і штучний інтелект.

У сфері хмарних технологій чим далі більшу популярність здобуває принципово новий напрям, що називається туманні технології (fog computing). Ці технології подібні хмарним, проте розміщені ближче до користувачів. Архітектура туманних обчислень офіційно введена компанією Cisco. У основі туманних технологій лежить концепція “краплі”. Крапля – це мікромодуль, у якому чіп мікроконтролера з вбудованою пам'яттю та інтерфейсом передачі даних поєднаний з чіпом безпроводного зв'язку формату Mesh. До модуля “краплі” можуть бути під'єднані різноманітні сенсори, датчики температури (світла, напруги) та інші. Мікромодулями-краплями можуть бути оснащені окремі IP-відеокамери, мікродрони, які об'єднані в “рій”, датчики руху з автономним живленням та інші при-

© Perepelitsyn Serhiï, 2020

DOI (Article): [https://doi.org/10.36486/mst2411-3816.2020.2\(61\).5](https://doi.org/10.36486/mst2411-3816.2020.2(61).5)

Issue 2(61) 2020

<http://suchasnaspetstehnika.com/>

строї. Інтеграція декількох функцій в одному технічному пристрої – ця тенденція сьогодні застосовується в технології туманних обчислень (fog computing) в управлінні військовими сенсорними мережами та пристроями, групами дронів типу “рій”, роботизованими системами відеоспостереження – таке питання досліджується вперше у відкритих джерелах наукової інформації.

Армія та силові структури США активно впроваджують можливості хмарних і туманних мережевих технологій у системи управління та в компоненти і вузли ударних комплексів озброєння.

Упровадження технології туманних обчислень (fog computing) управління групами дронів типу “рій”

Нові можливості великих груп БПЛА, що застосовуються як “рій”, визначаються не тільки кількістю учасників, але й конфігурацією групи, а також поведінкою учасників всередині неї. Тому ефективність застосування численної групи дронів визначається здатністю системи управління, яка застосовується, забезпечити побудову необхідної топології такої групи, її переміщення у просторі і поведінку учасників всередині групи. Для всіх видів великих груп дронів типу “рій” при управлінні ними необхідне вирішення таких завдань:

- 1) збору групи БПЛА з формуванням необхідної топології;
- 2) управління просторовим положенням всієї групи дронів і окремими учасниками всередині неї при незначних відстанях між ними;
- 3) інформаційного забезпечення алгоритмів управління окремими учасниками.

Найбільшу складність становить формування необхідних алгоритмів управління та його інформаційного забезпечення для щільної групи БПЛА, відстань між окремими дронами порівняно з роздільною здатністю засобів виявлення супротивника. Одним із варіантів управління великими групами БПЛА є використання математичного апарату управління системами з розподіленими параметрами, які є функціями часу і просторових координат стосовно системи фізично невзаємодіючих близько розташованих частинок. Можливість такого підходу базується на еквівалентності аналогових і дискретних процесів при виконанні умов, аналогічних умовам теореми Котельникова. На відміну від класичного індивідуального управління оператором кожним БПЛА, який передбачає наявність каналів управління “оператор-БПЛА”, при такому підході реалізується уніфіковане управління всім середовищем дронів. Кожен БПЛА самостійно формує свій сигнал управління у зграї, при цьому виключається необхідність організації каналу зв'язку для управління кожним дроном окремо. З математичної обробкою запропонованого методу і отриманими результатами можна ознайомитися в роботі Д.А. Мілякова [2].

“Рій” озброєний і дуже небезпечний. Роботи зі створення технології “рою” мініатюрних дронів веде американське Управління перспективних науково-дослідних проєктів у сфері оборони DARPA (Defense Advanced Research Project Agency). У жовтні 2016 року Міністерство оборони США провело демонстрацію функціонування рою БЛА, який складався із 103 мініатюрних безпілотників Perdix. Ці літальні апарати, вага кожного з яких становить лише 290 грамів, були запущені трьома винищувачами-бомбардувальниками F/A-18 Super Hornet над випробу-

вальним полігоном Чайна-Лейк у штаті Каліфорнія. “Через складну природу бою дрони Perdix не є заздалегідь запрограмованими синхронізованими одиницями, це – колективний організм, що розділяє один розподілений мозок для прийняття рішень і адаптується один до одного, як зграя у природі”, – заявили в Пентагоні. Як пояснило військове відомство США, невеликі і недорогі автономні системи, подібні до Perdix, здатні виконувати місії, на які колись потрібно було направляти тільки великі дорогі БЛА.

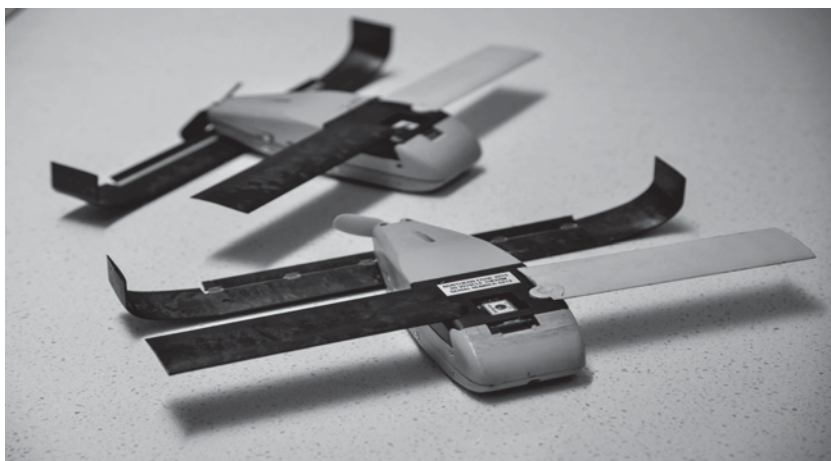


Рис. 1. Безпілотники Perdix – автономні мікродрони на основі методів штучного інтелекту

Планер дрона Perdix фактично роздрукований на 3D-принтері. А значить, він дешевий, що важливо для масового виробництва [3].

Цей “рій” формується з різних платформ з чотирма (типу MR40) або шістьма (типу MR150) повітряними гвинтами, кожна з яких оснащена малорозмірною кулястою гіростабілізованою оптико-електронною платформою, пошуково-прицільною радіолокаційною станцією та іншим розвідувальним обладнанням, а також різними авіаційними засобами ураження. Замість них можуть застосовуватися: суббоеприпаси, що парашутуються, снаряди, керовані ракети, авіаційні бомби, гранатомети, кулемети і деякі інші.

Технології безпілотних “зграй” залишаються прерогативою великих технологічно розвинених країн, зокрема США, Китаю. Загроза, що йде з Китаю, – це “рій бойових дронів”, які можуть протистояти Повітряним силам США, повідомив нещодавно призначений заступник голови Пентагону з досліджень і розробок Майкл Гріффін. Улітку минулого року інженери China Electronics Technology Group запустили 119 нових одиниць безпілотників. Вони змогли успішно виконати команди, створити угруповання, знищити передбачуваного супротивника, а також впоратися з безліччю інших бойових завдань.

Розвинені країни давно перейшли на мережеві системи управління і передачі даних. Агентство перспективних оборонних досліджень (DARPA) США експериментує з використанням сотень автономних безпілотників одночасно – вони

© Perepelitsyn Serhiy, 2020

DOI (Article): [https://doi.org/10.36486/mst2411-3816.2020.2\(61\).5](https://doi.org/10.36486/mst2411-3816.2020.2(61).5)

Issue 2(61) 2020

<http://suchasnaspetstehnika.com/>

будуть допомагати під час військових завдань. DARPA показала, як роботи аналізували два міські квартали, щоб знайти, оточити і убезпечити зазначену будівлю. У випробуванні брали участь як безпілотники, так і наземні роботи. Під час їх роботи в щільному міському середовищі загалом використовували до 250 пристроїв. Це другий з шести запланованих тестів, які будуть проводитися протягом найближчих декількох років і ускладнюватися кожен раз. У DARPA пояснили, що одна з причин масового використання дронів – їх складніше знищити. При цьому роботи можуть допомогти під час місії в місті, де невеликі об'єкти складно помітити. Велика група безпілотників може дати точне уявлення про те, що відбувається навколо кварталу або навіть окремої будівлі.

Крім цих двох країн, одним з лідерів в розробці БПЛА залишається Ізраїль. У МО РФ вважають перспективним напрямом досліджень і прикладних розробок застосування можливостей нейромереж та нейромережових блоків для поліпшення систем управління БПЛА. Авторське конструкторське бюро “Міленіум” розробляє мерецентричну архітектуру для безпілотних літальних апаратів на базі нейромережі. Розробляється нейромережа і створюється “рій безпілотників” з єдиним сервером. У межах цієї концепції безпілотник передає інформацію про зміни в ландшафті в райони бойових дій на сервер, який її обробляє і пересилає іншим дронам. За задумом розробників, обмін інформацією між дронами дозволить підвищити ефективність виконання завдань групою БПЛА. У 2016 році про розробку мерецентричної архітектури взаємодії дронів повідомили в Об'єднаній приладобудівній корпорації. За допомогою створеної апаратури безпілотники зможуть обмінюватися інформацією на відстані до сотні кілометрів і передавати зібрані дані на командний пункт, до наземної і авіаційної техніки. Серійний випуск модернізованих дронів корпорація планує освоїти у 2017 році. Першим в мерецентрічеській структуру вмонтують середній БПЛА “Корсар”. Паралельно в 2016 році пройшли випробування спільні розробки Головного науково-дослідного випробувального центру робототехніки Міноборони (ГНІЦ РТ) і НВК “Мережецентричні Платформи”. Фахівці відпрацювали спільний політ кількох дронів з передачею розвідувальної інформації до базової станції управління. Надалі розробники планують навчити безпілотники виконувати бойові завдання, а також підвищити автономність їх взаємодії і прийняття рішень [4].

В Україні багато підприємств, задіяних в авіаційній сфері, а отже, в нас є технологічний і кадровий ресурс для розробки авіаційних апаратів, зокрема і БПЛА. Однак є дві гострі проблеми – це технологічна та матеріальна база. Адже ні радіообладнання і електроніки для дронів, ні спеціальних матеріалів для самих апаратів ми не виробляємо – значить, залежимо від поставок комплектуючих. Без активізації розробок у сфері електроніки та виробництва легких композитних матеріалів складно буде розвивати галузь безпілотних літальних апаратів. Альтернатива багаторічному очікуванню початку власного виробництва БПЛА – закуповувати готові бойові дрони за кордоном. Наша оборонна галузь, очевидно, вирішила піти цим шляхом. На початку 2019 року в Україну прибула перша партія ударно-розвідувальних безпілотників турецького виробництва разом зі станцією управління і боєзапасом для їх озброєння. На жаль, вже рік як закуплені БПЛА

стоять в ангарах, військова бюрократія не може створити новий вид підрозділів та інфраструктуру для навчання і бойового застосування цієї техніки. “Для нас важливі закупівлі такого обладнання, адже це відкриває можливість вивчити передові напрацювання, навчити власний персонал, що дуже важливо, і в перспективі брати участь в кооперативних міжнародних проектах розробки БПЛА”, – зазначає Богдан Долінце [5].

Аналіз застосування значних груп безпілотних літальних апаратів за цільовим призначенням дав можливість сформулювати вхідні дані для розроблення топології зв'язної групи БПЛА. Наприклад, для виконання аерофотозйомки фрагменту місцевості групою БПЛА найбільш ефективною виявилася повнозв'язна топологія. Подальші дослідження слід спрямувати на вирішення практичних завдань реалізації групового управління при керуванні БПЛА, що призводить до підвищення ефективності використання БПЛА, а саме:

- 1) можливості коригування плану та оптимізації маршруту польоту, ґрунтуючись на вже отриманих даних з інших БПЛА;
- 2) збільшення вірогідності успішності виконання завдання;
- 3) значного виграшу в часі;
- 4) можливості одночасного обстеження території та збільшення площі одночасного моніторингу;
- 5) можливості постановки різних завдань для багатокомпонентних учасників групи БПЛА з урахуванням ефективності топології груп [6].

У міру того, як озброєні безпілотники будуть все частіше використовуватися в бойових діях, військовим постійно необхідно розробляти нові технології, що дозволяє долати перешкоди, з якими стикаються звичайні протиракетні системи в боротьбі з низькими і повільними літаючими безпілотниками. Неналежна увага посадових осіб до проблеми створення власної інфраструктури розробок і виробництва безпілотних літальних апаратів різних класів від версії “мікро” до середніх і, можливо, стратегічних створює реальність, у якій Україна безнадійно поступається технологічно розвиненим країнам. Закупівля зарубіжних зразків безпілотних літальних апаратів обтяжується необхідністю закуповувати супутнє інфраструктурне обладнання: стаціонарні та мобільні станції управління, експлуатаційні комплекти запасних деталей і вузлів, тренажери для підготовки фахівців.

Технології бойового застосування сучасних безпілотних літальних апаратів в умовах воєнного конфлікту ставлять перед фахівцями і керівництвом силових структур та оборонно-промислового комплексу такі завдання:

- 1) розробка моделей та аналіз загроз від застосування безпілотних літальних апаратів нашим противником, урахуваючи швидкий розвиток цього сегмента озброєнь;
- 2) розробка моделей і технологій захисту від таких загроз.

І тільки після цього необхідно приймати програму розвитку технологій з розподілом науково-технологічного потенціалу, виділенням необхідних ресурсів, створенням баз навчання і тренувань особового складу силових структур. Діюча в останні п'ять років інфраструктура повністю себе дискредитувала через власну некомпетентність у вирішенні сучасних викликів та загроз.

© Perepelitsyn Serhiï, 2020

DOI (Article): [https://doi.org/10.36486/mst2411-3816.2020.2\(61\).5](https://doi.org/10.36486/mst2411-3816.2020.2(61).5)

Issue 2(61) 2020

<http://suchasnaspetstehnika.com/>

Окремим викликом є повна відсутність у більшості держав комплексної системи раннього попередження загроз атак ударних безпілотних літальних апаратів або груп таких апаратів на стратегічні об'єкти. Проаналізувавши публікації в Інтернеті, можна зробити висновок, що сучасні системи протиракетної і протиповітряної оборони навіть у технологічно високорозвинених державах не в змозі вирішувати завдання раннього попередження атаки ударних дронів. Наявні рішення захисту об'єктів стратегічної інфраструктури дозволяють реагувати локально і в останні хвилини атак. І навіть такі технології безсилі перед атакою “рою ударних дронів” – при нальоті на високо захищені військові об'єкти груп дронів, більше двох десятків, як правило, наявного ресурсу як засобів виявлення, так і засобів ураження недостатньо. Незважаючи на те, що швидкості ударних “дронів-камікадзе” невеликі, такі атаки припускають знищення, в першу чергу, засобів виявлення та ударних вогневих комплексів оборони об'єкта. Друга атака знищує інфраструктуру об'єкта. У грошовому вираженні вартість атак і вартість захисту просто не можна порівнювати. І це вже сьогоднішня реальність. Примітивні методи і системи управління БПЛА в умовах воєнного конфлікту, які використовуються в нинішніх українських реаліях, ще якимось дозволяють виконувати поставлені завдання. Сьогодні зміни технології управління підрозділами в силових структурах в умовах виконання бойових завдань є одними з пререоритетних.

Упровадження технології туманних обчислень (fog computing) в управлінні військовими сенсорними мережами

Вітчизняні замовники військової техніки, озброєнь, спецтехніки та фахівці, які опікуються розробками військових технологій, погано уявляють можливості сенсорних мереж для виконання розвідувальних і бойових завдань в умовах сучасного бою. У туманних технологіях (fog computing) задіяна модель, в основу якої закладено дані, їх обробка та додатки для роботи з ними, що дислокуються у пристроях на крайніх вузлах мережі, а не на сервері. Туманні технології розподіляють обчислювальні ресурси, сервіси, засоби комунікації, засоби зберігання та управління, переміщуючи їх ближче до самих пристроїв, різних систем чи безпосередньо користувачів. Можливість використання інструментів туманних технологій (fog computing) для побудови і управління сенсорними мережами військового призначення розглядається вперше у відкритих інформаційних джерелах. Бездротова сенсорна мережа (Wireless Sensor Network – WSN) – це розподілена мережа безлічі датчиків (сенсорів, мотів – від англ. “Mote” – порошок або “крапля”, названих так через тенденцію до мініатюризації), що самоорганізується, і виконавчих пристроїв, об'єднаних між собою за допомогою радіоканалу. Покриття подібної мережі може становити від декількох сотень метрів до декількох кілометрів за рахунок здатності ретрансляції повідомлень від одного елемента до іншого. До складу мотів, зазвичай, входять автономні мікрокомп'ютери (контролери) з живленням від батарей і приймачі, що дозволяє мотам самоорганізовуватися у спеціалізовані мережі, зв'язуючись один з одним і обмінюючись даними за допомогою радіозв'язку. У цьому випадку моти є компонентами бездротових сенсорних мереж. Дані від окремих вузлів передаються по мережі від вузла до вузла на шлюз і, зазвичай, виявляються на “супер-вузлі” або сервері, що має вищу

© Perepelitsyn Serhii, 2020

обчислювальну потужність. Топологія мережі – важлива модель стану мережі, тому що приховано вона дає багато інформації про активні вузли і зв'язності мережі. Оскільки бездротові сенсорні мережі обмежені енергетичним ресурсом по випромінюванню, алгоритми збору інформації про топологію мережі повинні мати низьке енергоспоживання. Залежно від вимог предметної області формування топології сенсорної мережі може відбуватися у двох режимах: топологія типу “зірка” (ієрархічна топологія) або топологія типу “точка-точка” (однорідна топологія). Що стосується топології типу “зірка”, передбачається, що мережа складається з об'єктів двох типів: повнофункціональні об'єкти та об'єкти зі зменшеною функціональністю. Уся мережа розбивається на сегменти, де об'єкти першого типу виконують роль координаторів сегментів мережі. Об'єкти першого типу можуть вести спілкування з об'єктами другого типу і між собою. Об'єкти другого типу можуть вести спілкування тільки з об'єктами першого типу. З огляду на підвищене навантаження повнофункціональні пристрої можуть бути стаціонарними і мати живлення від зовнішніх джерел.

Базовим елементом сенсорних мереж є “сенсори” (моти) – це пристрої, що поєднують у собі відразу три функції: вимірювальну, обчислювальну та комунікаційну. Основним елементом, що відрізняє бездротову сенсорну мережу від інших мереж, є перетворювач – датчик або виконавчий механізм. На цей момент існує безліч різних технічно реалізованих схем перетворення різних фізичних величин у сигнал, який може бути визначений для подальшого аналізу. Температурні, акустичні, сейсмічні датчики, датчики тиску, вологості хімічного складу, орієнтації, прискорення, пристрої управління двигунами, електромеханічними реле і клапанами, випромінювачами – цей список можна довго продовжувати, а галузь техніки, що займається їх розробкою і використанням, чи не найбільша в сучасному світі. Широкий спектр різних варіантів реалізації цих пристроїв, з одного боку, дає велику свободу при розробці мотивів, а з іншого – вимагає кожен раз заново вирішувати проблему конструктивного виконання марнотрата і інтерфейсу з процесорної або передавальної частини. Сучасні моти мають досить низьку питому споживчу потужність, що припадає на 1 млн операцій за секунду. У зв'язку з цим стає актуальним питання про попередню обробку даних перед їх передачею. Якщо врахувати, що мережа складається з великої кількості марнотрат, то практично маємо величезну розподілену обчислювальну систему, ресурси якої можна спрямувати на попередню обробку даних для підвищення ефективності роботи всієї системи. Дуже цікавим є питання про синтез алгоритмів маршрутизації та алгоритмів розподіленої обробки даних. Комунікаційні функції моти здійснюють за принципами Ad-hoc мереж – децентралізованих бездротових мереж, які не мають постійної структури. Клієнтські пристрої з'єднуються “на льоту”, утворюючи собою мережу. Кожен вузол мережі намагається переслати дані, призначені іншим вузлом. При цьому визначення того, якому вузлу пересилати дані, проводиться динамічно, на підставі зв'язності мережі. Це є відмінністю від провідних мереж і керованих бездротових мереж, у яких завдання управління потоками даних виконують маршрутизатори (у провідних мережах) або точки доступу (в керованих бездротових мережах). Вибір алгоритму маршрутизації – одне із найскладніших питань, що

вирішуються при проектуванні сенсорної мережі. По-перше, маршрутизація вимагає координації роботи всіх вузлів мережі. По-друге, алгоритм маршрутизації має справлятися з виходами з ладу вузлів шляхом перенаправлення трафіку і оновлення баз даних. По-третє, для досягнення найкращих результатів необхідно, щоб алгоритм маршрутизації мав можливість змінювати маршрути при перевантаженні деяких ділянок мережі. Сенсорний датчик (або сенсор) – це мініатюрний пристрій, що володіє певними властивостями. Він може зондувати довколишній простір і збирати інформацію у вигляді інформаційних сигналів. Наявність у сенсорі радіопередавача дозволяє передавати інформаційні сигнали на базову станцію через бездротові засоби зв'язку. Але цей радіопередавач має обмежену дальність передачі (наприклад, до 500 м). Це означає, що сигнали, надіслані сенсорним датчиком, не будуть отримані на відстані більше 500 м. Цей недолік можна компенсувати, використовуючи велику кількість таких сенсорів, для того щоб сигнали змогли дійти до базової станції (шляхом ретрансляції через інші сенсори), навіть якщо вона знаходиться дуже далеко. На особливу увагу заслуговують MEMS-технології. Мікро-електромеханічні (MEMS) пристрої – це інтеграція механічних, електронних, сенсорних і виконавчих пристроїв на загальній кремнієвій основі, виконана шляхом мікроскладення. Крихітні пристрої можуть бути наділені значною функціональністю: отримання інформації, обробка та виконання механічних дій. Найбільш поширена ця технологія при побудові акселерометрів – мікродатчиків, що вимірюють прискорення. Подальший розвиток MEMS-технологій має дозволити значно знизити вагу і вартість мотив.

Безпека туманних обчислень

У разі застосування будь-якої нової технології у військовій сфері із самого початку завжди постають питання інформаційної безпеки та вразливості технології. Безпека туманних обчислень (fog computing security) – заходи безпеки, які застосовуються для запобігання несанкціонованому доступу, використанню, розкриттю, спотворенню, зміні, дослідженню, записам або знищенню інформації, що обробляється в інфраструктурі туманних обчислень. Основне завдання безпеки туманних обчислень – збалансований захист конфіденційності, цілісності та доступності даних з урахуванням доцільності застосування і без будь-якої шкоди продуктивності інфраструктури. Це досягається переважно за допомогою багатоетапного процесу управління ризиками, який дозволяє ідентифікувати основні засоби та нематеріальні активи, джерела загроз, уразливості, потенційний ступінь впливу і можливості управління ризиками. Після визначення критичних проблем безпеки, характерних для конкретної реалізації інфраструктури туманних обчислень, виробляється необхідна політика безпеки, розробляються і реалізуються стратегії з метою зниження ймовірності реалізації ризику та мінімізації можливих негативних наслідків. Цей процес супроводжується оцінкою ефективності плану з управління ризиками.

Висновки

У статті детально обґрунтована можливість використання інструментів туманних технологій (fog computing) для управління сенсорними мережами, які

© Perepelitsyn Serhii, 2020

мають всі ознаки розподілених польових структур, і великих груп мікродронів (“роїв”) військового призначення. Таке питання досліджується вперше у відкритих джерелах наукової інформації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Міночкін. А.І., Романюк В.А. Координація та інтелектуалізація рівнів осі – нова парадигма управління мобільними радіомережами. V-и науково-практичний семінар “Пріоритетні напрямки розвитку телекомунікаційних систем та мереж спеціального призначення”. Київ, 2009. С. 31–36.
2. Мильяков Д.А. Оптимальное управление многочисленной плотной группой БПЛА как системой с распределенными параметрам. Семнадцатая национальная конференция по искусственному интеллекту с международным участием. Ульяновск: УЛГТУ, 2019. С. 75–83.
3. U.S. Military Successfully Tested Its Latest Super Weapon: “The Swarm”. URL: <https://nationalinterest.org/blog/the-buzz/us-military-successfully-tested-its-latest-super-weapon-%E2%80%98the-19002> (дата звернення: 20.05.2020).
4. В России создают нейросеть для управления роем беспилотников. URL: <http://военное.рф/2017/%D0%91%D0%BF%D0%BB%D0%B010/> (дата звернення: 21.05.2020).
5. Масний В. Українські військові дрони: від склянки з гранатою до ударного хайтеку. URL: <https://www.ukrinform.ua/rubric-technology/2645524-ukrainski-vijskovi-droni-vid-sklanki-z-granatou-do-udarnogo-hajteku.html> (дата звернення: 20.05.2020).
6. Бондарев Д.І., Кучеров Д.П., Шмельова Т.Ф. Моделі групових польотів безпілотних літальних апаратів з використанням теорії графів. Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. 2015. № 3(20).

REFERENCES

1. Minochkin, A.I., Romanyuk, V.A. (2009) Koordynatsiya ta intelektualizatsiya rivniv osi – nova paradyhma upravlinnya mobyl'nymy radiomerezhamy. “Axis Level Coordination and Intellectualization Is a New Paradigm for Mobile Radio Network Management”. V-th scientific-practical seminar “Priority Directions of Development of Telecommunication Systems and Special Purpose Networks”. Kyiv. P. 31–36 [in Ukrainian].
2. Milyakov, D.A. (2019) Optimalnoye upravleniye mnogochislennoi plotnoi gruppoy BPLA kak sistemoy s raspredelennymi parametram. “Optimal Control of a Large Dense UAV Group as a System with Distributed Parameters”. Seventeenth National Conference on Artificial Intelligence with international participation. UISTU. Ulyanovsk. P. 75–83 [in Russian].
3. U.S. Military Successfully Tested Its Latest Super Weapon: “The Swarm”. URL: <https://nationalinterest.org/blog/the-buzz/us-military-successfully-tested-its-latest-super-weapon-%E2%80%98the-19002> (Date of Application: 20.05.2020) [in English].
4. V Rossii sozdayut neyroset' dlya upravleniya royem bespilotnikov. In Russia, create a neural network to control a swarm of drones. URL: <http://военное.рф/2017/%D0%91%D0%BF%D0%BB%D0%B010/> (Date of Application: 21.05.2020) [in Russian].
5. Masny, V. Ukrayinski viyskovi drony: vid sklyanky z hranatoyu do udarnoho khayteku. “Ukrainian Military Drones: from a Glass with a Grenade to a Shock High-Tech”. URL: <https://www.ukrinform.ua/rubric-technology/2645524-ukrainski-vijskovi-droni-vid-sklanki-z-granatou-do-udarnogo-hajteku.html> (Date of Application: 20.05.2020) [in Ukrainian].
6. Bondarev, D.I., Kucherov, D.P., Shmelev, T.F. (2015) Modeli hrupovykh polotiv bezpilotnykh litalnykh aparativ z vykorystanniam teorii hrafiv. “Group Flight Models of Unmanned Aerial Vehicles Using Graph Theory”. Air Force Science and Technology of the Armed Forces of Ukraine 3 (20) [in Ukrainian].

UDC 621.315.548.0

Perepelitsyn Serhii,Head of the Research Lab of the National Academy
of the National Guard of Ukraine, Kharkiv, Ukraine,
ORCID ID 000-0002-8435-2729**ANALYSIS OF THE POSSIBILITY OF APPLICATION OF FOGAL
CALCULATIONS IN MILITARY WIRELESS TACTICAL LEVEL
MANAGEMENT NETWORKS**

Research article analyzes the possibility of using nebulous calculations in military wireless networks of tactical level control – this formulation of the issue is considered for the first time in open sources of scientific information; how foggy and cloud computing are used in the world's leading countries; the use of decentralized foggy networks in the management of military sensor devices, swarm microdron groups, robotic video surveillance systems.

Today it is impossible to imagine an army without an UAV, because they point to the target, bring artillery, adjust fire, transmit intelligence directly to the headquarters, and most importantly, save the lives of fighters. The system of pattern recognition on the ground, recognition of speech information, quick mapping of the area before Bonwit operations, face recognition in the interests of identification, recognition of radio signals under conditions of adversary's use of active interference – this is not a complete list of tasks, by which they can find application of the properties of neural networks and neural network analysis .

Military experts from developed countries of the world believe that in a modern combat situation, reconnaissance UAVs can more effectively and efficiently, in comparison with reconnaissance pilots, solve airborne reconnaissance missions. This reduces the time to bring the received intelligence information to the appropriate governing body. The success of using an UAV depends not only on the quality of the devices themselves, but also on the training of pilots, compliance with operating conditions, routine maintenance of the resource, that is, the availability of service support and a repair base, as well as the necessary conditions for storage and mobility UAV crew when moving along the front.

The analysis allows us to conclude that the role of reconnaissance unmanned aircraft in the aerial reconnaissance system for operational support in reconnaissance is growing.

Keywords: military sensors, unmanned aerial vehicles, carrier network, microdrones, network-centric platforms.

Отримано 01.06.2020