

ВИСНОВОК

про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації Лейченка Кирила Миколайовича на тему «Методи та засоби планування розгортання літаючих мереж для забезпечення передачі даних в умовах руйнувань»,

поданої на здобуття наукового ступеня доктора філософії в галузі знань 12 Інформаційні технології за спеціальністю 123 Комп'ютерна інженерія

На засіданні кафедри комп'ютерних систем, мереж і кібербезпеки за участі: голови засідання – д.т.н., професора Харченка В. С.; к.т.н., доцента Бабешка Є. В., д.т.н., професора Горбенка А. В., к.т.н., доцента Дужого В. І., ст. викладача Дужої В. В., ст. викладача Єгорової Є. В., ст. викладача Желтухіна О. В., к.т.н., доцента Ілляшенка О. О., асистента Карпенка А. С., к.т.н., доцента Колісник М. О., к.т.н., доцента Куланова В. О., д.т.н., професора Морозової О. І., к.т.н., доцента Орехова О. О., д.т.н., доцента Пєвнева В. Я., к.т.н., доцента Перепелицина А. Є., к.т.н., доцента Піскачова О. І., к.т.н., доцента Тецького А. Г., к.т.н., доцента Узуна Д. Д., д.т.н., професора Фесенка Г. В., к.т.н., професора Фурманова К. К., ст. викладача Холодної З. Б., к.т.н., доцента Шостака А. В., д.т.н., професора Скляра В. В., д.т.н., професора Брежнева Є. В., к.т.н., старшого наукового співробітника Ключнікова І. М., аспіранта Землянка Г. А., аспіранта Вдовіченка О. О., аспіранта Лейченка К. М., а також запрошених фахівців: завідувача кафедри систем управління літальними апаратами к.т.н., старшого наукового співробітника Дергачова К. Ю. (серед присутніх фахівців ХАІ – 6 д.т.н. та 9 к.т.н. в галузі 12 Інформаційні технології), професора кафедри аеронавігаційних систем Національного авіаційного університету д.т.н., професора Шмельової Т. Ф., завідувача кафедри електронних обчислювальних машин Харківського національного університету радіоелектроніки д.т.н., професора Коваленка А. А., відбулася публічна презентація дисертаційної роботи Лейченка Кирила Миколайовича на тему «Методи та засоби планування розгортання літаючих мереж для забезпечення передачі даних в умовах руйнувань».

На підставі обговорення змісту презентації дисертаційної роботи, ухвалено висновок про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації (результати голосування – одноголосно).

1. Актуальність теми дослідження. Аварії на об'єктах критичної інфраструктури можуть призвести до пошкодження штатного комунікаційне обладнання, і як наслідок, до унеможливлення подальшої передачі до кризового центру (КЦ) даних про основні параметри технологічного обладнання, рівень забруднення робочого середовища виробничих приміщень, а також відеоінформації щодо пошкоджень у виробничому приміщенні. У цьому випадку замість пошкоджених мереж може бути розгорнута літаюча LiFi мережа на основі безпілотних літальних апаратів (БПЛА), яка характеризується стійкістю до

електромагнітних перешкод від інших електронних пристроїв або радіочастотних сигналів, безпечною передачею інформації і може запропонувати значно вищу швидкість передачі великих обсягів даних (потоків відео високої чіткості або дані з датчиків в режимі реального часу). Разом з тим, на шляху розповсюдження світлового сигналу всередині приміщення з руйнуваннями можуть ставати перешкоди. Це потребуватиме прокладання раціональних маршрутів розповсюдження LiFi сигналу в обхід цих перешкод, визначення місць розташування на цих маршрутах БПЛА і забезпечення функціонування літаючої LiFi мережі з визначеним рівнем надійності протягом заданого часу. Дані обставини зумовили актуальність досліджень, проведених Лейченком Кирило Миколайовичем, які спрямовані на розроблення методів і програмних засобів підтримки розгортання безпілотних літаючих LiFi мереж для забезпечення передачі даних в умовах руйнувань з урахуванням вимог до часових і надійнісних характеристик.

2. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Отримані автором результати дисертації використовувались при виконанні науково-дослідних робіт на кафедрі комп'ютерних систем, мереж і кібербезпеки Національного аерокосмічного університету ім. М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут» і були відображені в наступних звітах про НДР: «Методи, програмно-апаратні засоби та інформаційні технології розроблення і модернізації гарантоздатних комп'ютерних систем, мереж та IT-інфраструктур» (№ держреєстрації 0117U005349, 2018-2020); «Методологічні засади та технології оцінювання та забезпечення безпеки (захисту) критичних інформаційних інфраструктур» (№ держреєстрації 0119U100979, 2019-2021); «Методи, моделі та інформаційні технології підвищення надійності та безпечності складних IT-систем на етапах розроблення та впровадження» (№ держреєстрації 0121U113842, 2021-2023); «Наукові засади і методи забезпечення гарантоздатності флотів БПЛА інтелектуальних систем моніторингу потенційно небезпечних і військових об'єктів» (№ держреєстрації 0121U112172, 2021-2023).

3. Наукова новизна отриманих результатів.

1. Вперше запропоновано методи планування розміщення БПЛА літаючої LiFi мережі для забезпечення передачі даних в умовах руйнувань, які на відміну від відомих враховують структурно-просторові параметри перешкод і базуються на комбінуванні алгоритмів прокладання маршрутів за різними стратегіями їх обходу, та надають змогу мінімізувати довжину маршруту та/або кількість необхідних БПЛА.

2. Удосконалено метод розміщення БПЛА літаючої LiFi мережі для забезпечення передачі даних в умовах руйнувань шляхом формування та вибору маршрутів польоту у визначені точки у просторі для утворення мережі з урахуванням різних варіантів базування БПЛА, що зменшує сумарні часові та вартісні витрати на розгортання мережі.

3. Удосконалено метод підвищення надійності літаючої LiFi мережі шляхом розроблення моделі та алгоритмів випереджувальної заміни БПЛА з урахуванням

вимог до ймовірності безвідмовної роботи мережі, показників безвідмовності та автономності окремих БПЛА, що забезпечує гарантоване функціонування мережі впродовж заданого часу.

4. Теоретичне та практичне значення результатів роботи.

Теоретичні та практичні результати полягають у наступному.

1. Розроблені методи планування розміщення БПЛА літаючої LiFi мережі для забезпечення передачі даних в умовах руйнувань дозволяють комбінувати для обходу перешкод алгоритми правого (лівого) кута та керованого водоспаду. Практичне значення результату полягає в тому, що реалізація запропонованих методів дозволяє мінімізувати довжину маршруту розповсюдження LiFi сигналу та/або кількість БПЛА, необхідних для розгортання літаючої LiFi мережі.

2. Удосконалений метод розміщення БПЛА літаючої LiFi мережі для забезпечення передачі даних в умовах руйнувань дозволяє формувати та обирати маршрути польоту БПЛА із стаціонарного депо у визначені точки прокладеного маршруту розповсюдження LiFi сигналу. Практичне значення результату, полягає у зменшенні сумарних часових та вартісних витрати на розгортання літаючої LiFi мережі в приміщеннях з перешкодами на шляхах розповсюдження LiFi сигналу.

3. Удосконалений метод підвищення надійності літаючої LiFi мережі дозволяє розробляти моделі та алгоритмів здійснення випереджувальної заміну БПЛА з урахуванням вимог до ймовірності безвідмовної роботи мережі, показників безвідмовності та автономності окремих БПЛА. Практичне значення результату полягає в тому, що його використання дозволяє забезпечити функціонування літаючої LiFi мережі із визначеною імовірністю безвідмовної роботи протягом заданого часу.

4. Розроблені програмні засоби забезпечують підтримку планування розгортання БПЛА для утворення літаючої LiFi мережі та забезпечення її гарантованого функціонування впродовж заданого часу.

Достовірність отриманих наукових і практичних результатів підтверджується обґрунтованістю допущень, прийнятих при розробленні моделей та методів; співпадінням з допустимою точністю результатів аналітичного та імітаційного моделювання процесу планування розгортання літаючих LiFi мереж і забезпечення їх гарантованого функціонування впродовж заданого часу при ідентичних вхідних даних.

Отримані наукові результати можуть бути використані у науково-дослідних та проектних організаціях, органах реагування на аварії на об'єктах критичної інфраструктури, університетах – при викладанні відповідних дисциплін, та інших організаціях, які спеціалізуються на застосуванні LiFi технологій, зокрема, для планування розгортання літаючих LiFi мереж всередині приміщень з перешкодами.

5. Апробація/використання результатів дисертації.

Результати досліджень автора обговорювались на наступних конференціях:

1) Міжнародній конференції “Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications” (2023, Дортмунд, Німеччина);

2) Міжнародній конференції “Dependable Systems, Services and Technologies” (2023, Афіни, Греція);

3) кафедральному науково-технічному семінарі «Гарантоздатні Інформаційні Технології» (04 жовтня 2023, Харків, Україна);

4) Міжнародному науково-технічному семінарі «Критичні комп'ютерні технології та системи» (02 квітня 2024, Харків, Україна).

Розроблені автором наукові положення впроваджені:

1) у ТОВ «СІДІ ЛННК» (акт впровадження від 29 березня 2024) під час розроблення проєктів комп'ютерних мереж різного призначення;

2) у навчальному процесі Національного аерокосмічного університету ім. М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут» (акт впровадження від 01 квітня 2024);

3) при виконанні науково-дослідних проєктів (акт впровадження від 01 квітня 2024).

6. Дотримання принципів академічної доброчесності

Дисертація Кирила Лейченка є оригінальною роботою, виконана здобувачем самостійно й доброчесно, текст рукопису дисертаційної роботи не містить ознак академічного шахрайства. Роботу передано експерту для проведення науково-технічної експертизи щодо збігів із Інтернет-джерелами, про що буде надано відповідний звіт.

7. Перелік публікацій за темою дисертації із зазначенням особистого внеску здобувача.

За результатами досліджень опубліковано 4 наукові публікації, у тому числі:

– 2 статті у фахових виданнях України категорії Б (1 стаття – із 2 співавторами (включаючи здобувача); 1 стаття – із 3 співавторами (включаючи здобувача));

– 1 стаття у закордонному періодичному науковому виданні, проіндексованому у базі даних Scopus (квартиль Q4) (із співавторами);

– 1 статті у англійському фаховому виданні України категорії А, проіндексованому у базі даних Scopus (квартиль Q3) (із співавторами);

– 2 публікації в працях міжнародних конференцій, проіндексованих у базі даних Scopus (із співавторами).

Статті у наукових фахових видання України:

1) Leichenko K., Fesenko H., Kharchenko V., Illiashenko O. Deployment of a UAV swarm-based LiFi network in the obstacle-ridden environment: algorithms of finding the path for UAV placement. *Radioelectronic and Computer Systems*. 2023. No. 1(109). P. 176–195. DOI: 10.32620/reks.2024.1.14 (наукове фахове видання категорії А, **Scopus, Q3**).

Здобувач сформулював вимоги до складу та використання БПЛА для розгортання LiFi мережі, а також припущення та обмеження для розробки методології та вирішення завдань дослідження, розробив методи обходу перешкод з використанням алгоритму лівого та правих кутів, а також алгоритму керованого водоспаду, розробив програмний засіб для моделювання та пошуку

раціонального розміщення БПЛА для забезпечення необхідних характеристик LiFi мережі.

2) Лейченко К. М., Фесенко Г. В. Програмний засіб підтримки планування розгортання LiFi мережі на основі БПЛА для забезпечення передачі даних в умовах руйнувань. *Системи управління, навігації та зв'язку*. 2024. Вип. 1 (75). С. 193–200. DOI: 10.26906/SUNZ.2024.1.193 (наукове фахове видання категорії Б).

Здобувач розробив програмний засіб для підтримки планування розгортання LiFi мережі на основі БПЛА у приміщеннях з перешкодами, який дозволяє прокладати маршрути розповсюдження LiFi сигналу і визначати для його передачі необхідну кількість БПЛА і місця їхнього розміщення на прокладеному маршруті.

3) Лейченко К., Фесенко Г., Харченко В. Стратегії розгортання та методи забезпечення надійності рою БПЛА для утворення LiFi мережі. *Вимірвальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах*. 2024. № 1. С. 21–31. DOI: 10.31891/2219-9365-2024-77-3 (наукове фахове видання категорії Б).

Здобувач розробив стратегії розгортання рою БПЛА із стаціонарного депо для утворення літаючої LiFi мережі в приміщенні з перешкодами з використанням заздалегідь прокладеного маршруту розповсюдження LiFi сигналу, запропонував методи та навів приклади забезпечення безперебійного функціонування літаючої LiFi мережі із необхідним рівнем надійності протягом заданого часу у приміщенні з перешкодами шляхом використання двох змін рою БПЛА.

Стаття у закордонному періодичному науковому виданні:

Pevnev V., Plakhteev A., Tsuranov M., Zemlianko H., Leichenko K. “Smart City” Technology: Conception, Security Issues and Cases. *Lecture Notes in Networks and Systems*. 2022. Vol 367. P. 207–2018. DOI: 10.1007/978-3-030-94259-5_19 (закордонне періодичне наукове видання, **Scopus, Q4**).

Здобувач запропонував результати аналізу основних підходів щодо передачі інформації між її джерелами та споживачами в межах «розумного міста».

Статті у працях міжнародних конференцій:

1) Leichenko K., Fesenko H., Kharchenko V. Deploying the Reliable UAV Swarm for Providing P2P LiFi Communications Considering Physical Obstacles: Method of Rectangles, Algorithms, and Tool. *Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS'2023)* : Proc. 12th IEEE Int. Conf., Dortmund, Germany, Sept. 07–09, 2023. P. 1011–1016. DOI: 10.1109/IDAACS58523.2023.10348819 (стаття у працях конференції, **Scopus**).

Здобувач розробив метод та програмний засіб для забезпечення надійного LiFi зв'язку з використанням рою БПЛА для передачі даних між двома точками в умовах механічних перешкод, спричинених руйнуваннями, запропонував стратегії розробки алгоритмів обходу перешкод з урахуванням обмежень на дальність та надійність зв'язку.

2) Leichenko K., Fesenko H., Borges J., Kharchenko V. Search for the Shortest Route Considering Physical Obstacles: Method of Controlled Waterfall, Tool, and Application. *Dependable Systems, Services and Technologies (DESSERT'2023)* : Proc.

13th IEEE Int. Conf., Athens, Greece, Oct. 13–15, 2023. P. 1–5. DOI: 10.1109/DESSERT61349.2023.104164799 (стаття у працях конференції, **Scopus**).

Здобувач розробив метод та програмний засіб прокладання маршруту розповсюдження LiFi сигналу у приміщенні з механічними перешкодами з використанням алгоритму керованого водоспаду, провів порівняльний аналіз алгоритму керованого водоспаду з алгоритмами лівого та правого кутів.

8. Висновок наукового керівника

Виконання індивідуального навчального плану, індивідуального плану наукової роботи, досягнення результатів навчання за відповідною освітньо-науковою програмою та написання дисертації Лейченком Кирилом Миколайовичем – вважаю успішним. Дисертаційна робота є результатом самостійного дослідження, завершеною науковою працею, яка містить наукову новизну. Вона виконана на належному науковому рівні та відповідає встановленим вимогам до дисертацій докторів філософії, і може бути рекомендована до захисту, а її автор Лейченко Кирило Миколайович, до присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 123 Комп'ютерна інженерія.

Вважаємо, що дисертаційна робота Лейченка Кирила Миколайовича «Методи та засоби планування розгортання літаючих мереж для забезпечення передачі даних в умовах руйнувань», подана на здобуття наукового ступеня доктора філософії, відповідає вимогам Порядку присудження ступеня доктора філософії (Постанова Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44). Відтак, може бути представлена до захисту в разовій спеціалізованій вченій раді для присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 12 Інформаційні технології за спеціальністю 123 Комп'ютерна інженерія.

Головуючий на засіданні кафедри
комп'ютерних систем, мереж і кібербезпеки
Національного аерокосмічного університету
ім. М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут»,
доктор технічних наук, професор

Вячеслав ХАРЧЕНКО