

Голові разової спеціалізованої вченої ради
Національного університету «Львівська політехніка»
д.т.н., професору Івану ОПІРСЬКОМУ

ВІДГУК

офіційного опонента

кандидата технічних наук, доцента Карпінця Василя Васильовича,
завідувача кафедри менеджменту та безпеки інформаційних систем
Вінницького національного технічного університету
на дисертаційну роботу

Кутеня Романа Богдановича

«Покращення захисту інформації при передачі бездротовими системами»
подану до захисту на здобуття наукового ступеня доктора філософії за
спеціальністю 125 «Кібербезпека» (галузь знань 12 «Інформаційні технології»)

1. Актуальність теми дисертаційної роботи.

Забезпечення захисту інформації в інформаційних та кіберфізичних системах залишається однією із найсерйозніших проблем і важливим завданням у сфері інформаційної безпеки. За сучасного розвитку комунікаційних технологій особливо гостро ця проблема постає в контексті використання бездротових систем зв'язку на основі радіохвиль. Оскільки будь-хто, хто має відповідне обладнання, має можливість отримати доступ до передаваного сигналу і до приймально-передавального тракту загалом.

У даній роботі основна увага зосереджується на питаннях захисту не військових за походженням бездротових систем зв'язку, які через широкомасштабне російське вторгнення в Україну почали масово використовуватись Збройними Силами України для належного покриття комунікаційних та розвідувальних потреб.

Насамперед, це стосується використання на полі бою чи для розвідки безпілотних літальних апаратів (БПЛА або "дронів"), роль яких у воєнних конфліктах стає все важливішою та їхній вплив на стратегію і тактику ведення бою лише зростає. Саме на основі компоновки таких пристроїв була розроблена фізична модель, використана у даній роботі для проведення експериментів, що зумовлює своєчасність і актуальність такого дослідження.

Таким чином, можна стверджувати, що дана робота є дуже своєчасною і вирішує актуальну науково-прикладну задачу.

2. Аналіз змісту дисертаційної роботи.

Дана дисертаційна робота має традиційну структуру і включає в себе вступ, чотири розділи, висновки, та список використаних джерел. Кожен розділ є логічно-завершеною одиницею, опирається на результати попередніх напрацювань, що забезпечує логічну послідовність розкриття змісту роботи.

У вступі автор обґрунтовує важливість обраної теми, її актуальність у сучасному контексті. Далі визначає основні завдання та цілі дослідження, а також такі атрибути дослідження як мета, предмет, об'єкт. Окремо автор підкреслив наукову новизну роботи, та описав як і де вона була апробована.

У першому розділі "Основні відомості щодо передавання інформації у інформаційних системах та мережах" проведено огляд вітчизняної та зарубіжної наукової літератури. На основі чого було проаналізовано аспекти застосування інформаційних мереж для обміну і передавання даних, використовувані в них технології і проаналізовано їх поточне використання в цивільній та військовій сферах.

У другому розділі "Проблематика захисту інформації при передаванні бездротовими системами" детально розглянуто існуючі підходи до проблеми захисту інформації при передачі її у бездротових системах. Базуючись на попередніх результатах досліджень із першого розділу, основний аналіз всіх можливих засобів і концепцій захисту інформації в каналах зв'язку проводився в контексті можливості та способів їх застосування у безпілотних авіаційних системах, зокрема, системах цивільного походження, які почали широко використовуватися у військових цілях.

У третьому розділі "Покращення захищеності бездротових систем керування та зв'язку в контексті БПЛА" запропоновано та науково обґрунтовано нову ідею для покращення стійкості та захищеності каналу зв'язку безпілотного пристрою перед засобами РЕБ. Запропоновані та розроблені методи покращення існуючих методів та засобів захисту. Запропоновані методики мають вагоме значення в питаннях захисту інформації в системах зв'язку і керування безпілотних пристроїв.

У четвертому розділі "Експериментальні дослідження запропонованих методів покращення захисту інформації у бездротових системах" проведено практичну реалізацію та експериментальне випробування ефективності та точності запропонованих методів захисту. Досліджувалась також сама концепція захисту "оптимальний захист за оптимального рівня затрат" шляхом перевірки працездатності реалізованих на базі мікроконтролера методів захисту.

У висновках до роботи описано основні здобуті результати та заключення, які впливають із результатів проведених наукових та експериментальних досліджень. Представлено основні отримані показники характеристик роботи запропонованих та реалізованих систем захисту.

3. Наукова новизна одержаних результатів.

Основні наукові положення, результати та висновки дисертації отримані здобувачем самостійно, є новими та достатньо обґрунтованими. Вони підтверджені даними проведених експериментів та апробовані на всеукраїнських та міжнародних наукових конференціях.

У даній дисертаційній роботі отримані такі результати, що містять наукову новизну:

1) *вперше запропоновано* критерій просторової стійкості, який визначає здатність дистанційно керованого пристрою до самостійного просторового переміщення,

2) *вперше розроблено* математичну модель критерію просторової стійкості та обґрунтовано доцільність його використання при дослідженні захищеності інформаційних та кіберфізичних систем;

3) *отримали подальший розвиток* існуючі методики оцінки стану захищеності бездротових систем керування, шляхом врахування до результатів їхнього оцінювання результату оцінки за запропонованим критерієм просторової стійкості;

4) *розроблено* метод "аварійного відновлення зв'язку", який ґрунтується на відстеженні залежності якості зв'язку від просторового переміщення та автономному поверненні керованого пристрою до точки останнього стабільного зв'язку за інерційними даними маршруту, що дозволило значно підвищити ефективність протидії систем керування і зв'язку до засобів РЕБ та зменшити затрати на реалізацію засобів захисту пристрою;

5) *розроблено* методику захисту інформації у бездротових системах, яка оснований на мінімізації потужності передавача інформації достатньої для зв'язку з пунктом керування. Дана методика, на відміну від існуючих, забезпечує захищеність даних від перехоплення засобами розвідки противника;

6) *вдосконалено та адаптовано* до роботи у малопотужних автономних системах із симплексним зв'язком методи захисту інформації із використанням псевдовипадкового переналаштування несучої частоти передавача, що дозволило підвищити їх захищеність перед засобами розвідки без зниження швидкодії інформаційної системи.

4. Наукове значення виконаного дослідження із зазначенням можливих наукових галузей та розділів програм навчальних курсів, де можуть бути застосовані отримані результати.

Наукові результати, отримані автором, можуть бути використані у галузі захисту інформації, та застосовуватись при розробці новітніх систем забезпечення безпеки інформації при передачі бездротовими каналами зв'язку, які міститимуть метод аварійного відновлення, адаптивної регуляції потужності для покращення доступності зв'язку та підвищення конфіденційності даних у системах зв'язку та дистанційного керування.

Також, результати даного дослідження Кутеня Романа Богдановича вже впроваджені у навчальний процес кафедри захисту інформації Національного університету «Львівська політехніка» при вивченні дисципліни «Безпека технологій зв'язку» для студентів напрямку підготовки 125 «Кібербезпека та захист інформації».

5. Ступінь обґрунтованості наукових положень дисертації, їх достовірність та новизна.

Для вирішення завдань, поставлених у дисертаційній роботі, та створення наукових положень, моделей та методології здобувач проаналізував достатню кількість наукової літератури за тематикою дослідження.

Теоретична база дослідження ґрунтується на фундаментальних принципах системного аналізу та інформаційних технологій. Здобувачем було застосовано методи математичного моделювання та реалізовано фізичну модель на лабораторному макеті для проведення експериментальних випробувань. Вважаю, що створені наукові положення, методи та методології є достатньо обґрунтованими, що підтверджується результатами моделювання, експериментальних досліджень та отриманими практичними результатами.

6. Практичне значення одержаних результатів полягає у тому, що:

- застосування розробленого методу "аварійного відновлення зв'язку" для забезпечення постійного керування апаратом дозволило проведення неперервного "зондування" оперативного простору, завдяки чому з'явилася можливість скласти топографічні схеми "безпечних" маршрутів для апаратів, які не обладнані такою системою захисту;
- розроблена методика захисту на основі керування параметрами відео-передавача БПЛА за допомогою додатково встановленого контролера дозволила здійснювати переналаштування частоти швидше від паспортного значення у ширшому діапазоні роботи. Отриманий мінімальний період зміни частоти складає 80 мс, замість 150 мс за паспортом, тобто частота переналаштування майже у 2 рази більша. Крім цього використання додаткового контролера дозволило розширити робочий діапазон частот відео-передавача з 5650-5950 МГц до 5000-6000 МГц;
- розроблені у роботі методи захисту можуть бути впроваджені у вже існуючий і функціонуючий пристрій із мінімальними змінами його конфігурації, що дозволило здійснити такий апгрейд фактично у польових умовах;
- експеримент із випробування методу "аварійного відновлення зв'язку" демонструє, що використання даних акселерометра (3 осі) і гіроскопа (3 осі) забезпечує високу точність (похибка відстеження прямолінійного польоту і маршруту з кривою складає 0.6% і 0.56% відповідно) і високу стійкість до впливу на апарат поривів вітру та інших перешкод (похибка зросла лише до 0.833% та 0.686% відповідно).

7. Повнота оприлюднення результатів дисертаційної роботи.

Основні результати дисертаційної роботи Кутеня Романа Богдановича викладено у дванадцяти наукових публікаціях, а саме: у трьох статтях у фахових наукових виданнях України і восьми тезах виступів на всеукраїнських та міжнародних науково-практичних заходах.

Особистий внесок здобувача у колективно опублікованих працях полягає у формуванні та розробці ключових ідей та результатів. Вважаю, що основні положення та результати проведеного дисертаційного дослідження висвітлені у публікаціях в достатньому обсязі.

8. Оцінка структури дисертації, її мови та стилю викладення.

За структурою, мовою та стилем викладення дисертація відповідає вимогам МОН України. Робота написана грамотною українською мовою з використанням сучасної наукової термінології, а стиль викладення матеріалу є послідовним та логічним.

У дисертаційній роботі відсутні факти порушення академічної доброчесності. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів містять належні посилання на відповідне джерело.

Ознайомлення з текстом анотації дає змогу констатувати, що її зміст повною мірою відображає основні положення, результати і висновки дисертації та не містить зайвої інформації.

9. Зауваження та дискусійні положення щодо змісту роботи.

Незважаючи на загальну позитивну оцінку роботи, слід зазначити деякі зауваження, та положення, які можуть слугувати предметом дискусії:

1. У першому розділі у пункті 1.1 автор включив до оглядової роботи технології, характерні для дротових систем та мереж, хоча основним об'єктом дослідження визначено бездротові технології, що є певним відхиленням від тематики роботи. Автору слід було більше уваги зосередити на огляді саме бездротових технологій.

2. У пункті 2.1 наведена загальна довідкова інформація про модель OSI, яку доцільно було би розмістити в першому розділі. У другому розділі не достатньо детально проведено аналіз та обґрунтування обраних методів та засобів для подальшого вдосконалення.

3. У другому розділі автор висловив висновки щодо вибору методів та засобів у системах бездротового зв'язку і керування безпілотними пристроями, але не висунув власних пропозицій щодо розробки нових, або вдосконалення чи адаптації існуючих методів захисту, фактично, розділ 2 також має оглядово-аналітичний характер. Як правило, із другого розділу розпочинається виклад власних розробок.

4. У розділі 2 автор досліджував, зокрема, питання захисту розподіленої сенсорні мережі (WSN) лише на прикладі деякої абстрактної WSN. Проте цей напрям є дуже актуальним і активно розвивається, в тому числі за рахунок розвитку безпілотних технологій, тому доцільно було детальніше розкрити це питання і розглянути конкретні мережі, такі як WIN-T, C4ISR, українська система ситуаційної обізнаності «Дельта», тощо.

5. У вступі до дисертації здобувач визначає методи дослідження, які були використані в процесі дослідження (методи теорії сигналів та процесів, чисельні методи, статистичний аналіз, математичне моделювання), проте не вказано, для яких задач який конкретний метод був використаний.

6. У пункті 4.2.2 автором у таблиці 4.4 описано набір доступних метрик для відслідковування параметрів переміщення безпілотних пристроїв, але для використання обрано лише невелику множину наборів метрик, при цьому із наведених після таблиці 4.4 автором аргументів відбору не можна зробити чіткого висновку щодо достатності обраних наборів

7. Не зовсім зрозуміло, чому автором у пункті 4.2.2 до жодного із наборів вибраних метрик не були включені параметри PID_P[], PID_I[], PID_D[], в тому числі до набору, що включає у себе команди від пульта керування `rc_Command[]`, оскільки коефіцієнти *Proportional*, *Integral*, *Derivative* (P,I,D) безпосередньо впливають на інтерпретацію безпілотним апаратом команд пульта і процес переміщення апарату.

8. У 4 розділі у пункті 4.2.3 автор описує методику проведення експериментального дослідження, та відображає здійснені заходи для зменшення похибки проведення експерименту, проте при обчисленні похибки експерименту не враховано деякі чинники, які можуть також впливати на результати експерименту, зокрема:

- розрядність використаного мікроконтролера CY8CKIT-049-4210;
- рівень заряду батареї під час експериментів (може впливати як на цифрове значення отримане із АЦП акселерометра/гіроскопа, так і на аналоговий рівень на самих давачах);
- вплив використовуваних фільтрів на точність показів (налаштування Low-Pass фільтру гіроскопа (80,100,120 Гц), Notch/Dynamic Notch фільтрація шумів моторів, тощо).

Водночас, вказані зауваження мають дискусійний характер, не є принциповими, істотно не впливають на зміст дисертаційної роботи та не знижують її наукової і практичної цінності.

Загальні висновки щодо дисертаційної роботи.

Дисертаційна робота Кутеня Романа Богдановича «Покращення захисту інформації при передачі бездротовими системами» є завершеною, самостійною працею та відповідає паспорту заявленої спеціальності і такою, що містить достатню наукову новизну та практичну цінність отриманих результатів, які дозволяють підвищити захищеність інформації при її передачі бездротовими системами завдяки використанню розроблених та експериментально досліджених моделей.

Враховуючи актуальність, наукову новизну і практичне значення одержаних результатів, вважаю, що дисертаційна робота «Покращення захисту інформації

при передачі бездротовими системами» повністю відповідає вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», який затверджений Постановою Кабінету Міністрів України від 12.01.2022 р. №44, а її автор Кутень Роман Богданович заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 125 «Кібербезпека».

Офіційний опонент:

кандидат технічних наук, доцент
завідувач кафедри менеджменту та безпеки інформаційних систем
Вінницького національного технічного університету

Василь КАРПШЕЦЬ

Вчений секретар
к.т.н., доц.



Олег ВІСТАК