

РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу

Омельянець Олександри Олександрівни

на тему «Вплив технологічних параметрів на експлуатаційні характеристики електронної безпроводової системи передавання даних»,

представлену на здобуття ступеня доктора філософії в галузі знань

17 Електроніка та телекомунікації за спеціальністю 171 Електроніка

Актуальність теми дисертації. Тема є актуальною, оскільки вона поєднує теоретичну цінність, практичне застосування та відповідь на сучасні виклики, як у цивільному, так і у військовому секторах. Актуальність теми зумовлена потребою у підвищенні ефективності безпроводових систем передавання даних, що широко застосовуються в сучасних комунікаційних і оборонних технологіях. На експлуатаційні характеристики таких систем суттєво впливають технологічні параметри, зокрема довжина антен, параметри підсилювача ВЧ-сигналу, частота передачі, метод модуляції, потужність передавача, чутливість приймача та рівень захисту від завад. Дослідження впливу цих параметрів дозволяє оптимізувати роботу систем до різних умов експлуатації та сприяє підвищенню надійності, ефективності й конкурентоспроможності сучасних бездротових систем.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.

Наукова новизна дослідження полягає в такому:

1. Метод дослідження експлуатаційних характеристик безпроводових мереж отримав подальший розвиток шляхом застосування та адаптації концепції *віртуального конкурентного вікна*, що дозволило удосконалити підхід до кількісного визначення показників якості передавання мультимедійного трафіку в умовах змішаного трафіку з різними пріоритетами. Такий підхід забезпечує більшу точність у моделюванні навантажень у реальних безпроводових мережах.

2. Удосконалено метод оцінювання впливу технологічних параметрів на граничні експлуатаційні характеристики електронної безпроводової системи передавання даних за стандартом IEEE 802.11ac. Це досягнуто за рахунок врахування режиму конкурентного доступу та взаємозв'язку між параметрами фізичного та канального рівнів, що дозволяє обґрунтовано визначати допустимі межі роботи системи.

3. Вперше обґрунтовано оцінки ефективності технологічних рішень, спрямованих на підвищення пропускної здатності безпроводової системи передавання даних за умов обмеженого енергетичного ресурсу. Такий підхід є актуальним для енергоефективного проєктування систем передавання в

мобільних і сенсорних мережах, де існує постійний компроміс між продуктивністю та енергоспоживанням.

4. Подальшого розвитку набула теорія функціонування безпроводових мереж з конкурентним доступом, зокрема в аспекті аналізу їхньої роботи в режимі пріоритезації трафіку. Запропоновано підходи до оцінювання ефективності механізмів обслуговування різнотипного трафіку, що дозволяє підвищити якість сервісу в мультимедійних застосуваннях.

Запропоновані теоретичні підходи, моделі та рішення щодо функціонування безпроводових мереж передавання даних за стандартом IEEE 802.11ac можуть бути застосовані для системного аналізу та оптимізації безпроводових мереж, що працюють у режимі конкурентного доступу.

Практичне значення отриманих результатів полягає в тому, що запропоновані кількісні оцінки впливу технологічних параметрів на експлуатаційні характеристики електронної системи передавання даних дають змогу обґрунтовано прогнозувати показники проєктованої мережі або застосовувати їх для удосконалення вже існуючої телекомунікаційної інфраструктури.

Достовірність наукових результатів, отриманих у дисертаційній роботі, забезпечено шляхом зіставлення теоретичних результатів із результатами експериментальних досліджень, а також шляхом коректного застосування математичного апарату та методів комп'ютерного моделювання.

Наукові дослідження було виконано здобувачем на кафедрі акустичних та мультимедійних електронних систем Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» у рамках НДР "Особливості формування електромагнітної обстановки у приміщеннях, обладнаних технічними засобами з безпроводовим інтерфейсом" (№ держреєстрації 0119U102796) під керівництвом доцента кафедри акустичних та мультимедійних електронних систем Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», кандидата технічних наук, доцента Лазебного Володимира Семеновича.

Отже, в дисертаційній роботі поставлене наукове завдання дослідження впливу технологічних параметрів на експлуатаційні характеристики електронної безпроводової системи передавання даних виконано повністю, здобувач повною мірою оволодів методологією наукової діяльності.

Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності.

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Омелянець О.О. повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 171 Електроніка та напрямкам досліджень відповідно до освітньої програми Електроніка.

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею і свідчить про наявність особистого внеску здобувача у науковий напрям «Електромагнітна сумісність та енергозабезпечення мультимедійної апаратури».

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадіння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Омелянець Олександри Олександрівни є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають належні посилання на відповідне джерело.

Мова та стиль викладення результатів.

Дисертаційна робота написана українською мовою.

Виклад матеріалу у роботі відзначається логічною послідовністю та структурною цілісністю: кожен розділ природно передуює попередньому, що забезпечує цілісне сприйняття дослідження. Стиль мовлення є науковим, точним і виваженим, без надмірної емоційності або суб'єктивізму, з дотриманням вимог академічної доброчесності. Авторка використовує загальноприйняту професійну термінологію у галузі електроніки та безпроводового зв'язку, що відповідає стандартам наукового стилю та сприяє точному донесенню суті дослідження. Окремо слід відзначити доступність подачі складного технічного матеріалу, що дозволяє ознайомитися з результатами не лише вузькопрофільним фахівцям, але й ширшому колу зацікавлених читачів з інженерною освітою.

У роботі присутні поодинокі орфографічні та синтаксичні недоліки, які, однак, не впливають на чіткість викладу змісту та не знижують її практичну цінність.

Дисертація складається з вступу, 5 розділів, висновків, списку літератури та додатків. Загальний обсяг дисертації 162 сторінки.

У вступі дисертаційної роботи обґрунтовано вибір напрямку досліджень та підтверджено його актуальність. Підкреслено широке впровадження технологій безпроводових локальних мереж за стандартом IEEE 802.11 (Wi-Fi) як ефективного інструмента для організації локального обміну даними та забезпечення доступу до ресурсів Інтернету.

У першому розділі представлено критичний аналіз технічних особливостей специфікації IEEE 802.11ac. Розглянуто організацію доступу до середовища, структуру частотних каналів у діапазоні 5 ГГц, особливості часових інтервалів при конкурентному доступі, а також параметри радіоканалу, систем модуляції та кодування. Проаналізовано формати кадрів — як без агрегування, так і агрегованих, — і схему апаратної реалізації системи передавання даних. Завершується розділ оглядом наукових публікацій щодо досліджень експлуатаційних характеристик мереж стандарту IEEE 802.11ac.

Другий розділ дисертації присвячено теоретичному аналізу експлуатаційних характеристик мереж IEEE 802.11ac із використанням методу віртуального конкурентного вікна. Проведено моделювання пропускної здатності безпроводового каналу за різних ширин частотної смуги (20–160 МГц), кількості активних станцій (1–16) і режимів модуляції (MCS5–MCS9). Встановлено, що зростання кількості станцій спершу покращує, а згодом погіршує пропускну здатність через колізії, а також виявлено обмежену ефективність збільшення частотної смуги без агрегування даних. Натомість застосування агрегованих кадрів суттєво підвищує пропускну здатність, особливо при передачі великого обсягу даних.

У третьому розділі досліджено зону обслуговування точки доступу в мережах IEEE 802.11ac. Визначено радіус покриття для станції з потужністю 100 мВт у різних режимах модуляції й кодування (MCS0–MCS9), а також при використанні кількох просторових потоків. Встановлено, що розміри зони обслуговування значною мірою залежать від типу модуляції, ширини частотної смуги та числа потоків. Зокрема, збільшення смуги в чотири рази призводить до зменшення радіусу зони удвічі. Описано вплив позасмугових завад і взаємного накладання сигналів у суміжних каналах, що може знижувати ефективність використання радіоресурсу.

У четвертому розділі проаналізовано особливості передавання голосового трафіку в мережах IEEE 802.11ac зі змішаним навантаженням. Проведено порівняння кодеків для IP-телефонії та здійснено розрахунок максимальної кількості можливих голосових з'єднань через одну точку доступу з урахуванням параметрів кодеку G.711. Теоретично досліджено дві моделі мереж зі змішаним трафіком, які відрізняються типами фонових навантажень. Обґрунтовано, що мережі на базі IEEE 802.11ac здатні забезпечувати десятки голосових з'єднань одночасно, що підтверджує ефективність їх застосування для VoIP у межах приміщень із відносно невеликою зоною покриття.

П'ятий розділ містить результати експериментального дослідження пропускної здатності безпроводового каналу IEEE 802.11ac в умовах реального використання. Для цього використано комп'ютери з різною кількістю антен та мобільні пристрої. Вимірювання виконувались за допомогою OpenWrt, Wi-Fi Analyzer і SpeedTest. Експерименти показали, що точки доступу агрегують трафік відповідно до заводських налаштувань, а практичні результати підтвердили теоретичні оцінки. Також проаналізовано вплив антенної неузгодженості та багатопроменевого поширення сигналу. Проведені випробування голосових з'єднань із кількома смартфонами підтвердили ефективність мережі при високому навантаженні.

Отримані результати мають практичне значення для проєктування, планування й обслуговування мереж IEEE 802.11ac, зокрема для прогнозування

швидкості передавання даних, розгортання VoIP-мереж і використання в навчанні з дисциплін про безпроводові локальні мережі.

Дисертаційна робота оформлена відповідно до вимог наказу МОН України від 12 січня 2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації».

Оприлюднення результатів дисертаційної роботи.

Наукові результати дисертації висвітлені у 4 наукових статтях у фахових виданнях за спеціальністю 171 – Електроніка, включених на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України, в т.ч. 1 стаття, в якій кількість співавторів (разом зі здобувачем) більш ніж два, причому авторство здобувача в роботі підтверджене. Також представлено 4 наукові доповіді, оприлюднені на фахових наукових конференціях.

Науковий рівень публікацій здобувача О.О. Омелянець загалом відповідає вимогам до фахових та міжнародних праць у галузі телекомунікацій і бездротових технологій. Публікації охоплюють ключові аспекти функціонування мереж IEEE 802.11ac, зокрема: теоретичні та експериментальні дослідження параметрів пропускної здатності, моделювання зон обслуговування, передавання голосового трафіку в умовах змішаного навантаження, вплив ширини каналу та модуляції на якість зв'язку, аналіз експлуатаційних характеристик у реальних умовах.

У поданих матеріалах дотримано принципів академічної доброчесності. Статті мають чітке структурування, відповідне посилання на джерела та відкриті DOI-ідентифікатори. Усі публікації містять співавторство, проте внесок здобувача чітко вказаний і охоплює основні етапи: постановку задач, проведення досліджень, інтерпретацію результатів, підготовку матеріалів до публікації.

У низці публікацій здобувач був першим автором, що додатково підтверджує його провідну роль у виконанні роботи.

Таким чином, науковий рівень публікацій є достатнім, зміст відповідає тематиці дисертаційного дослідження, а особистий внесок здобувача є вагомим і належним чином задокументованим.

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.

1. В дисертаційній роботі обрано для дослідження режим функціонування мережі DCF. Доцільно було б дослідити роботу мережі і в інших режимах, зокрема, в режимі PCF, який забезпечує пріоритетне обслуговування трафіку.

2. Доцільно було б навести пояснення в тексті дисертації, чим обумовлений максимум графіка пропускної здатності в каналі 20 МГц, наведений на рис. 2.4, 2.5.

3. Доцільно було б навести пояснення поняття «за ідеального узгодження активних станцій в часі» під час визначення максимальної кількості станцій з голосовим з'єднанням.

4. В дисертації обрано голосовий кодек G.711 для розрахунку часу передавання голосових кадрів. Доцільно було б обрати більш сучасний голосовий кодек для дослідження особливостей передавання голосового трафіка в мережах IEEE 802.11ac.

Вважаю, що висловлені зауваження не є визначальними і не зменшують загальну наукову новизну та практичну значимість результатів та не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи.

Висновок про дисертаційну роботу.

Вважаю, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Омелянець Олександри Олександрівни на тему «Вплив технологічних параметрів на експлуатаційні характеристики електронної безпроводової системи передавання даних» виконана на високому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є закінченим науковим дослідженням, сукупність теоретичних та практичних результатів якого розв'язує наукове завдання, що має істотне значення для Електроніки та телекомунікацій. Дисертаційна робота за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною повністю відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в п.6 – 9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. №44.

Здобувач Омелянець Олександра Олександрівна заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 17 Електроніка та телекомунікації за спеціальністю 171 Електроніка.

Рецензент:

доцент кафедри акустичних та мультимедійних електронних систем
КПІ ім. Ігоря Сікорського,
кандидат технічних наук, доцент



1  

2025 року