

## ВІДГУК

офіційного опонента,  
професора кафедри обчислювальної техніки  
Національного технічного університету України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»,  
доктора технічних наук, доцента  
КЛИМЕНКО Ірини Анатоліївни,  
на дисертаційну роботу Лемешка Андрія Вікторовича на тему:  
«Покращення методів проектування безпроводових комп'ютерних мереж»,  
подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю  
123 – Комп'ютерна інженерія

### 1. Актуальність теми дисертації

На сучасному етапі розвитку галузі телекомунікацій виникає необхідність запровадження нових технічних рішень для використання в точках доступу WLAN в офісах, громадських будівлях, будинках і навіть кав'ярнях. В першу чергу це обумовлено тим, що безпроводові комп'ютерні мережі, незважаючи на високий технічний рівень реалізації, залишаються вразливими до електромагнітних перешкод. Це обумовлює актуальність і доцільність дисертаційної роботи.

Робота присвячена підвищенню ефективності функціонування безпроводових комп'ютерних мереж, за рахунок зменшення електромагнітних перешкод на стадії проектування. Існуючі системи проектування використовують алгоритми розрахунків зони покриття, що дозволяють оцінити вплив особливостей місцевості або будівлі, в якій розгортається мережа, але не враховують вплив міжсистемних перешкод і перешкод від сусідніх стільників. Існуючий механізм доступу до середовища передачі призначені для організації безконфліктної роботи приймально-передавальних пристроїв всередині однієї і вразливі для перешкод, створюваних станціями передачі сусідніх стільників.

Вирішення цих актуальних задач сьогодні набуло практичного сенсу. Особливої ваги набуває ширококутний безпроводовий зв'язок, який здатний надійним чином надавати конвергентні послуги і забезпечувати одночасну комбіновану передачу голосу, даних і відео, потенційно різними мережами. Ширококутні з'єднання лежать в основі ряду різних послуг, інформації і додатків – від підвищеної реальності для фізичних осіб до дистанційного доступу зображень і діагностики в медицині, розподілених обчислювальних завдань в академічних дослідженнях, інтерактивних дистанційних онлайн-класів в освіті.

В дисертаційній роботі автором досліджено і обґрунтовано, що існуюча проблематика підвищення ефективності проектування безпроводових комп'ютерних мереж спирається на параметри процесів цифрової обробки

сигналів та електромагнітної сумісності (ЕМС) тільки в радіусі дії одного стільника. В дисертаційній роботі вирішується завдання забезпечення нагальних потреб підвищення швидкості проектування безпроводових комп'ютерних мереж, якості проектування і врахування внутрішньосистемної і міжсистемної ЕМС від декількох стільників.

В роботі вирішувалися наступні наукові завдання:

1. Проаналізувати характеристики і принципи роботи безпроводових комп'ютерних мереж, проблем, що виникають під час експлуатації мереж, та шляхів вирішення проблем, що заважають ефективному функціонуванню WLAN.

2. Удосконалити існуючий спосіб доступу передавачів бездротової мережі до середовища передачі.

3. Розробити модель проектування безпроводних комп'ютерних мереж, що на самих ранніх стадіях проектування враховує якісні показники, що впливають на ефективність роботи WLAN.

4. Розробити моделі розрахунків, які надають можливість проводити моделювання залежностей, що впливають на параметри WLAN, з метою підвищення ефективності роботи мережі.

5. Реалізувати розроблені моделі у вигляді програмного забезпечення для розрахунку параметрів проектованої мережі.

## **2. Структура роботи**

Матеріали дисертаційної роботи викладено логічно і продумано, з чітким розумінням мети та методів дослідження. Робота має логічну структуру і складається з переліку умовних скорочень, вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків.

У вступі наведена загальна характеристика роботи, обґрунтовано актуальність теми досліджень, сформульована мета та задачі досліджень, розкритий зв'язок роботи з науковими планами та програмами, показана наукова новизна та практична цінність отриманих результатів, відзначений особистий внесок автора.

**Перший розділ** присвячено дослідженню області застосування, технології і принципів роботи безпроводових комп'ютерних мереж, обґрунтуванню науково-прикладної проблематики. Визначено проблеми, які виникають під час проектування WLAN. Описано відомі методи, використовувані для вирішення проблем ЕМС в безпроводових комп'ютерних мережах і проаналізована їх ефективність. Обґрунтовано, що облік внутрішньосистемних і міжсистемних перешкод необхідно проводити на ранніх стадіях проектування безпроводових комп'ютерних мереж. Виконано постановку завдань дослідження дисертаційної роботи.

**В другому розділі** розглянуто основні принципи оцінки ЕМС радіосистем і сформульовані завдання по оцінці ЕМС, які виникають під час проектування безпроводових комп'ютерних мереж. Проаналізовано вимоги стандартів до характеристик обладнання, які необхідно враховувати для

забезпечення ЕМС. Розглянуто відповідність параметрів реального обладнання вимогам стандартів. Вдосконалено спосіб доступу до середовища передачі на основі механізму резервування середовища передачі, що дозволяє забезпечити одночасну роботу на одній території декількох стільників, що належать одній WLAN і використовують один і той самий частотний канал. Запропоновано алгоритм обчислення сумарного рівня перешкод для реалізації способу доступу до середовища.

**Третій розділ** присвячено розробці моделі проектування безпроводових комп'ютерних мереж і, на її основі, методу проектування безпроводових комп'ютерних мереж з урахуванням ЕМС. Проектування WLAN включає в себе вибір частотних каналів, що використовуються в мережі, розташування антен точок доступу і режимів роботи обладнання (потужності передавачів АР і МС, швидкість передачі даних), визначення необхідної кількості точок доступу, моделей приймально-передавальних антен АР, їх орієнтування. Для попередньої оцінки працездатності мережі, а також для вибору оптимальних режимів роботи проведено розрахунок рівнів сигналів і перешкод у стільниках. Всі компоненти обрано з урахуванням розрахованих залежностей та даних міжсистемної ЕМС, отриманих при аналізі електромагнітної обстановки.

**В четвертому розділі** розроблено математичні моделі розрахунків, що надають можливість проводити моделювання залежностей, які пов'язують параметри WLAN та показники корисних сигналів і перешкод у рецепторах безпроводових мереж. Розроблені моделі розрахунків реалізовані у вигляді програмного забезпечення «Розрахунок безпроводових комп'ютерних мереж Wi-Fi: Wireless Design». Програма виконує аналіз характеристик WLAN, результати розрахунків виводяться на екран у вигляді графіків.

### **3. Наукова новизна та практична цінність результатів отриманих в дисертаційній роботі**

Наукова новизна одержаних результатів на мій погляд визначається розробленням нової моделі проектування безпроводних комп'ютерних мереж та, на її основі, методу проектування безпроводних комп'ютерних мереж, що враховує параметри завадостійкості на ранніх стадіях проектування, а також розробленням нових засобів забезпечення завадостійкості на стадії проектування.

**В дисертаційній роботі отримані наступні наукові результати:**

1. Удосконалено спосіб доступу до середовища передачі, який відрізняється від відомих механізмом резервування, що забезпечує одночасну роботу на одній території декількох стільників, які належать одній WLAN, на одному частотному каналі, що дозволяє підвищити ефективність функціонування безпроводових комп'ютерних мереж, за рахунок зменшення завад.
2. Розроблено нову модель проектування безпроводових комп'ютерних мереж, що відрізняється від відомих визначенням і врахуванням якісних

показників, що впливають на ефективність роботи WLAN, на ранніх стадіях проектування, що дозволяє підвищити завадостійкість проєктованих безпроводових комп'ютерних мереж, за рахунок врахування сумарного рівня завад під час потрапляння в рецептори приймачів та передавачів, а також зменшити час проектування безпроводових комп'ютерних мереж.

3. Розроблено новий метод проектування безпроводових комп'ютерних мереж, який відрізняється від відомих урахуванням електромагнітної сумісності, що дозволило підвищити завадостійкість за рахунок зниження рівня внутрішньосистемних завад між приймачами сусідніх стільників шляхом
4. Розроблено нові математичні моделі розрахунків залежностей між параметрами WLAN, які на відміну від відомих визначають якісні показники WLAN, зокрема внутрішньосистемні і міжсистемні перешкоди, які необхідно врахувати на ранніх стадіях проектування безпроводових комп'ютерних мереж, застосування яких дозволить покращити методи проектування для забезпечення ефективного функціонування проєктованих безпроводових комп'ютерних мереж.

Отримані метод, моделі та спосіб вирішують завдання поставлені в дисертаційній роботі спрямовані на підвищення ефективності методів проектування безпроводових комп'ютерних мереж.

**Практичне значення роботи.** Основним практичним результатом дисертації є удосконалений метод проектування безпроводових комп'ютерних мереж з урахуванням EMC, що є важливим інструментом у процесі їх проектування та експлуатації і дає змогу у цілому розв'язати проблему електромагнітної сумісності із покращенням значень показників якості обслуговування та оптимізацією розподілу телекомунікаційних ресурсів. Зокрема, отримано такі практичні здобутки:

- використання розробленої методики проектування безпроводових комп'ютерних мереж з урахуванням EMC безпосередньо пов'язано з вимогами ряду провідних виробників телекомунікаційного обладнання до сучасних і перспективних безпроводових систем і мереж. Дана методика дозволяє знизити рівень внутрішньосистемних завад між приймачами сусідніх стільників за рахунок раціонального вибору параметрів безпроводової локальної мережі ще на стадії проектування, стабільно досягається рівень сигнал/завада 17 дБ. При проведенні моделювання для визначення коефіцієнту ефективності розробленої методики отримано значення 10% порівняно з відомими;
- підвищено стійкість перед завадами проєктованих безпроводових комп'ютерних мереж за рахунок обліку міжсистемних перешкод на

ранніх стадіях проектування; прогнозована кількість втрачених пакетів становить 7,2% що перевищує норму закладену виробниками обладнання на 2,8%.

- програмна реалізація розроблених алгоритмів розрахунків дозволяє в перспективі скоротити в два рази час на проектування WLAN за рахунок інформаційної системи автоматизації обчислень.
- використання в WLAN розроблених алгоритмів роботи механізму резервування середовища передачі дозволяє організовувати безконфліктну роботу на одній території декількох стільників, що використовують один частотний канал за рахунок поділу пропускну здатності між взаємодіючими приймально-передавального пристрою цих стільників.

Теоретичні та практичні результати дисертаційної роботи реалізовані в рамках виконання науково-дослідних робіт: №0120U103151 «Система електронного документообігу з використанням хмарних технологій» і №0120U105655 «Контроль та прогнозування перевантажень в комп'ютерних мережах».

Науково-технічні рішення, щодо практичного використання розроблених рішень підвищення ефективності проектування безпроводових комп'ютерних мереж на базі інформаційної системи, використані в навчальному процесі кафедри Комп'ютерної інженерії Державного університету телекомунікацій.

#### **4. Ступінь обґрунтованості і достовірності наукових положень і рекомендацій**

Обґрунтованість і достовірність наукових результатів, висновків та рекомендацій забезпечено коректним використанням апробованого математичного апарату, повнотою урахування початкових даних та визначенням і дотриманням доцільних обмежень та припущень, використання методів теорії інформації, теорії електромагнітної сумісності, теорії сигналів і процесів, теорії цифрової обробки сигналів, а також математичного та комп'ютерного моделювання.

Розроблені методи і методика у поєднанні з алгоритмами їх застосування вирішують проблему підвищення ефективності проектування безпроводових комп'ютерних мереж.

#### **5. Висновки та рекомендації щодо наукового та практичного використання здобутих результатів**

Результати дисертаційної роботи доцільно використовувати в науково-дослідних інститутах і підприємствах для проектування, розробки,

удосконалення, експлуатації, обґрунтування раціональних варіантів побудови перспективних безпроводових мереж, та у цілому дозволяють розв'язати проблему електромагнітної сумісності із покращенням значень показників якості обслуговування та розподілу ресурсів мережі.

## **6. Повнота викладу в опублікованих працях**

Основні положення та результати дисертаційної роботи достатньо повно опубліковані в 15 наукових працях, з них: 1 входить до міжнародної науко-метричної бази Scopus, 5 до Index Copernicus. Крім того, результати викладено у 7 тезах доповідей на міжнародних наукових та науково-технічних конференціях.

**7. Мова та стиль викладення матеріалу дисертації** свідчать про вміння автора аргументовано викладати свої думки та, у цілому, відповідають вимогам МОН України. Сформульовані у дисертаційній роботі основні положення, висновки та рекомендації викладені у логічній послідовності та доказовій формі, що значно сприяє усвідомленню думок автора. Всі розділи дисертації мають внутрішню єдність і завершеність. Змістовне заповнення підрозділів роботи відповідає змісту визначених розділів.

Отримані підсумкові результати дисертації співпадають із загальною метою і конкретним науковим завданням, сформульованим у вступі. В цілому, дисертаційна робота сприймається як закінчена наукова праця, що містить нові наукові результати.

## **8. Відповідність дисертації встановленим вимогам**

Дисертаційна робота подана у вигляді завершеного рукопису на актуальну тему, в якій на основі виконаних автором досліджень представлені результати, сукупність яких охоплює новітні технологічні рішення, а саме нова модель та, на її основі, метод проектування безпроводних комп'ютерних мереж, що враховує параметри завадостійкості на ранніх стадіях проектування, а також нові засоби підвищення завадостійкості на стадії проектування, дозволяють підвищити ефективність проектування, розробки, удосконалення та експлуатації безпроводових комп'ютерних мереж, шляхом вирішення питання електромагнітної сумісності безпроводового обладнання, що має важливе наукове значення.

Дисертація за своїм змістом відповідає спеціальності 123 – Комп'ютерна Інженерія.

Оформлення дисертації відповідає вимогам, що висуваються до наукових праць.

Разом з тим, у дисертації існує ряд **недоліків**, що вимагають певних зауважень:

1. Є зауваження до формулювання предмету дослідження, яке не корелює безпосередньо з об'єктом дослідження, можливо слід було уточнити визначення предмету дослідження, наприклад, що предметом дослідження є методи та засоби підвищення завадостійкості безпроводних комп'ютерних мереж на стадії проектування

2. Було б доцільно зробити узагальнення наукових результатів перед формулюванням основних пунктів наукової новизни.

3. Слід було б більш точно обґрунтувати поняття «покращення», яке зустрічається в темі дисертації і узагальнити критерії, за якими оцінюється покращення методів проектування.

4. Було б доцільно також вказати особливості застосування запропонованого способу доступу до середовища передачі, що базується на вдосконаленні механізму резервування середовища, в мережах п'ятого покоління, а також в умовах перевантажень.

5. Варто було б більше детально пояснити особливості та обмеження застосування удосконаленого методу проектування безпроводних комп'ютерних мереж з поліпшенням їх показників щодо електромагнітних перешкод для проектування безпроводних комп'ютерних мереж, зважаючи на те, що метод спирається на вже існуючі рішення для комп'ютерних мереж широкого класу.

6. Більш детального пояснення потребує алгоритм на рис. 2.2, який автор пропонує використовувати для розрахунку сумарного рівня перешкод разом з формулами (2.5) і (2.8), із тексту дисертації незрозуміло, яким чином визначаються рівні міжсистемних перешкод в рецепторах WLAN на етапі 2 запропонованої моделі (стор. 139).

7. В тексті дисертації потребують роз'яснення формулювання назв деяких аналітичних залежностей, наприклад, «формула ширини вузькосмугової перешкоди» на стор. 44, «формула функції розподілу ймовірностей» на стор. 63. Вирази (2.1), (3.5) і (3.6) є загальновідомими співвідношеннями, які немає сенсу наводити в контексті тексту дисертації.

8. В роботі зустрічаються аббревіатура без розшифрувань. Іншу аббревіатуру неправильно використано, наприклад, клас мережі WLAN вилучено із загального тексту і розміщено в дужках. На сторінках 2, 3, 12 – 15 розшифрування аббревіатури в дужках (WLAN, Wireless Local Area Network) зустрічається декілька разів, перекладу на українську мову немає.

9. Текст дисертації містить окремі стилістичні неточності та незначну кількість граматичних помилок.

Проте, наведені зауваження не зменшують наукового рівня та цінності дисертаційної роботи.

## ВИСНОВОК

1. Дисертаційна робота Лемешка А.В. є завершеною науковою працею, в якій отримані нові науково обґрунтовані результати, що в сукупності вирішують наукову проблему, яка полягає в покращенні методів проектування безпроводових комп'ютерних мереж, шляхом спільного використання запропонованих методів та засобів на ранніх стадіях проектування, що загалом вирішують питання електромагнітної сумісності безпроводового обладнання в проєктованих безпроводових комп'ютерних мережах.

2. Автор дисертації добре володіє сучасними методами досліджень та вміло використовує їх для вирішення поставленої науково-прикладної проблеми.

3. За актуальністю, ступенем новизни, глибиною теоретичного обґрунтування та практичної цінності здобутих автором результатів дисертаційна робота Лемешка Андрія Вікторовича на тему: «Покращення методів проектування безпроводових комп'ютерних мереж» відповідає вимогам пп. 9, 10 та 12 «Порядку присудження наукових ступенів», що висуваються до дисертацій, а її автор гідний присудження йому наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 123 – Комп'ютерна інженерія.

Офіційний опонент,  
професор кафедри обчислювальної техніки  
Національного технічного університету України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»,  
доктор технічних наук,  
доцент

  
КЛИМЕНКО І.А.

Учений секретар  
КПІ ім. Ігоря Сікорського



В.В.Холєвко