

УДК 621.391.812

DOI: 10.31673/2412-9070.2020.054047

А. В. ЛЕМЕШКО, ст. викладач;
О. М. ТКАЧЕНКО, доктор техн. наук, доцент;
А. О. МАКАРЕНКО, доктор техн. наук, доцент;
О. М. ТКАЛЕНКО, канд. техн. наук, доцент;
Д. В. СОРОКІН, аспірант,
Державний університет телекомунікацій, Київ

АНАЛІЗ ПРОБЛЕМ ЕМС З МЕТОЮ РОЗРОБЛЕННЯ ЕФЕКТИВНОЇ МЕТОДИКИ ПРОЕКТУВАННЯ БЛМ НА БАЗІ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ З УРАХУВАННЯМ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ЗАВАД

Проаналізовано сферу застосування, технології і принципи роботи безпроводових локальних мереж, що дало можливість позначити проблемні місця цих технологій, на які необхідно звертати особливу увагу під час проектування: проблема прихованого вузла; взаємні завади між сусідніми точками доступу (внутрішньосистемна ЕМС); міжсистемні завади; забезпечення QoS для відповідальних додатків; розширення безпроводових локальних мереж; вплив особливостей розгортання мережі. Розглянуто методи, використовувані для вирішення проблем ЕМС в безпроводових локальних мережах, і досліджено їх ефективність: механізм доступу до середовища передавання; стандарт IEEE 802.11e (QoS); додаткові стандарти, призначені для зменшення впливу завад (802.11 h і k); кодування і модуляцію. Показано, що облік внутрішньосистемних і міжсистемних завад потрібно здійснювати на ранніх стадіях проектування безпроводових локальних мереж.

З огляду на проведений аналіз зроблено висновок щодо потреби розроблення методики проектування безпроводових локальних мереж на базі інформаційних систем з урахуванням електромагнітних завад, що уможливить зменшення часу їх проектування та збільшення ефективності їх подальшого функціонування.

Ключові слова: Wi-Fi 6; точка доступу; безпроводові локальні мережі; QoS; електромагнітна сумісність

ВСТУП

Сьогодні безпроводові підімкнення до мережі комунікують із такими продуктами, як телефони, телевізори, камери, ноутбуки, принтери, маршрутизатори та ігрові консолі. Насправді, за оцінками Wi-Fi Alliance технологія безпроводових локальних мереж (БЛМ) охоплює понад 15 млрд пристроїв у всьому світі і застосовна в точках доступу Wi-Fi в офісах, громадських будівлях, будинках і навіть кав'ярнях [1].

Нині її незліченна кількість програм докорінно змінила наше уявлення та використання технологій у нашому повсякденному житті. Wi-Fi — одне з найуспішніших винаходів сьогодення, визнане на міжнародному рівні як значний крок у галузі телекомунікацій.

Першу версію стандарту 802.11 було ратифіковано 1997 року після семи довгих років розроблення. Однак первинне впровадження цієї нової технології було повільним, частково через низький рівень проникнення пристроїв, які потребували «свободи безпроводового зв'язку».

Реальна можливість для 802.11 з'явилась лише через кілька років із поширенням доступності ноутбуків. Ця популярність зумовила швидко зростаючу базу користувачів, яка потребувала підімкнення до мережі не тільки через Ethernet вдома чи на роботі, а й в готелях, аеропортах, конфе-

ренц-центрах, ресторанах, парках тощо. Стандарт 802.11 забезпечив дешеву та просту мобільність усіх бажаючих [2].

Прогресивний підхід робочої групи IEEE 802.11 і сертифікована сумісність від Wi-Fi Alliance задовольнили потреби ринку. Наступним природним кроком була імплементація Wi-Fi у смартфони, які використовуються у феноменальному діапазоні додатків, зокрема дані, голос, ігри, музика, відео, місцезнаходження, громадська безпека, транспортні засоби тощо.

На початку жовтня 2019 року Wi-Fi Alliance анонсували нову версію стандарту Wi-Fi — Wi-Fi 6. Розробники змінили підхід до іменування — замінили звичні конструкції типу 802.11ax на поодинокі цифри [3]. За словами розробників стандарту, новий підхід до найменування зробить назви стандартів Wi-Fi зрозумілішими для широкої аудиторії.

У Wi-Fi Alliance зазначають, що нині досить поширена ситуація, коли користувачі купують ноутбуки, котрі підтримують стандарт, з яким не може працювати їх домашній роутер. У результаті більш новий пристрій мусить вдатися до механізмів зворотної сумісності, коли обмін даними здійснюється за допомогою старого стандарту. У деяких випадках це може знижувати швидкість передавання даних на 50-80%.

Щоб наочно показати, який стандарт підтримує той або інший гаджет, в Альянсі пропрацювали нове маркування іконки Wi-Fi, поверх якої вказано відповідну цифру.

Детальний опис усіх особливостей і характеристик Wi-Fi 6 можна знайти в офіційному документі від Wi-Fi Alliance (для його отримання потрібно заповнити форму) або документі, підготовленому компанією Cisco [1].

Незважаючи на впровадження значної кількості нових і вдосконалених технологій [2], Wi-Fi 6 залишається вразливим [4] до електромагнітних завад.

Найвні системи проектування БЛМ використовують алгоритми розрахунків зони покриття, що дають змогу оцінити вплив особливостей місцевості або будівлі, в якій розгортається мережа, але не беруть до уваги вплив міжсистемних завад і завад від сусідніх точок доступу (ТД). Сучасний механізм доступу до середовища передавання [5] призначений для організації безконфліктної роботи приймально-передавальних пристроїв всередині однієї ТД і вразливий для завад, створюваних станціями передавання сусідніх ТД.

Частково вирішити цю проблему має алгоритм динамічного контролю чутливості (ДКЧ) [4; 6] розроблений для настроювання порогових значень вільного каналу і для настроювання рівня перекриття зон обслуговування [4; 6; 7].

Однак основним недоліком алгоритму ДКЧ, запропонованого для використання в Wi-Fi 6, є те, що станції (СТ), розміщені поруч із ТД, мають більш високу ймовірність доступу до середовища через більш високий рівень сигналу відносно електромагнітних завад, що призводить до меншої дальності виявлення несучої [6–8].

Механізми, закладені в БЛМ, орієнтовано на організацію роботи БЛМ всередині однієї ТД, а додаткові заходи (802.11 h і k) ефективні в невеликих мережах і лише розширюють можливості проектувальника [9].

На підставі проведеного дослідження метою статті є аналіз проблем ЕМС і методів їх вирішення з метою розроблення ефективної методики проектування БЛМ на базі інформаційних систем з урахуванням електромагнітних завад.

ОСНОВНА ЧАСТИНА

Проблеми ЕМС і електромагнітних завад у БЛМ

Вбудовані механізми БЛМ забезпечують ефективну одночасну роботу невеликої кількості комп'ютерів всередині однієї ТД. Вони не дають змоги виділити гарантовану смугу пропускання для кожного користувача. Зі зростанням щільності абонентів збільшуються взаємні завади, підвищується кількість колізій і повторно переданих

пакетів, зростає час доступу до мережі і затримки під час передавання інформації. Тобто проблема підвищення ефективності доступу стає все більш актуальною.

У БЛМ можлива така ситуація: дві станції СТ (А і В) розміщено поза зоною видимості одна до одної. СТ С може взаємодіяти з обома СТ А і В. СТ А передає інформацію на СТ С. СТ В «не бачить», що середовище передавання зайняте, оскільки СТ А перебуває відносно неї поза зоною досяжності і, вважаючи що середовище передавання вільне, починає передавати інформацію. У результаті на СТ С надходять одночасно два сигнали від станцій А і В, тобто відбувається колізія. Ця ситуація відома як проблема прихованого вузла.

У БЛМ є обмежена кількість каналів, що не перекриваються. Якщо мережа складається з обмеженої кількості ТД, то рівень внутрішньосистемних завад відносно невеликий. У БЛМ, що складається з більшої кількості ТД, сусідні СТ і ТД, які працюють на перекритих частотних каналах, створюють значні взаємні завади. Це призводить до зниження якості зв'язку, зменшення пропускної здатності і збільшення часу доступу до мережі, аж до її повної непрацездатності.

Необхідно зважати на взаємні завади різних радіопристроїв, що працюють на тій самій території (інші безпроводові мережі, пристрої Bluetooth). Залежно від інтенсивності випромінювання цей вплив може спричинити значне погіршення зв'язку або повну непрацездатність мережі.

Механізми QoS стандарту 802.11e забезпечують захист чутливого до затримок трафіку (голосовий, відео) від трафіку інших додатків, що використовують БЛМ, але вони не врятовують від змін в середовищі передавання даних [2; 5]. Зростання кількості користувачів мережі, наявність зовнішніх і внутрішньосистемних завад призводять до неконтрольованого зростання кількості колізій і повторного передавання пакетів. Це, зі свого боку, зумовлює збільшення часу доступу до мережі, зменшення доступної смуги пропускання. Як наслідок, ефективність механізмів QoS знижується або їх робота повністю блокується.

Рельєф, фізичні завади на місцевості (траєкторія поширення) впливають на поширення радіохвиль, а отже, і на якість сигналу. Це можуть бути дерева, будівлі, стіни будинків, двері, автомобілі, книжкові полиці, предмети дизайну (особливо металеві елементи) тощо.

Погода також впливає на поширення радіохвиль. Зазвичай опади позначаються на частотах, вищих за 5 ГГц, але можуть бути ситуації, коли їх вплив досить сильний і на частотах 2,4 ГГц (наприклад, мокре листя дерев у парку). Ця проблема актуальна для вуличних або Mesh-мереж і її потрібно брати до уваги ще на стадії проектування БЛМ.

Методи вирішення проблем ЕМС і їх недоліки

Проблеми ЕМС (внутрішньосистемної і міжсистемної) вирішуються на етапі проектування обладнання БЛМ (наприклад, використовуються різні способи кодування, що підвищують стійкість) і під час проектування безпосередньо самої БЛМ. При цьому можливості, закладені в технічні засоби, визначають можливості проектувальника мережі.

Механізми доступу до середовища передавання, наявні в мережах 802.11, зображено на рис. 1. БЛМ використовують механізм, який називається «множинний доступ із контролем несучої та запобіганням колізіям». CSMA/CA являє собою механізм «прослуховування перед передаванням». Передавальна станція перевіряє, чи наявний у середовищі сигнал несучої і, перш ніж почати передавання, чекає її звільнення [10].

межах однієї ТД і не може регулювати роботу сусідніх ТД.

Завдяки фрагментації фреймів можна підвищити надійність передавання фреймів у БЛМ, оскільки ймовірність успішного передавання меншого фрагмента через БЛМ за умов ЕМЗ вища. Водночас, це призводить до збільшення переданої службової інформації. Фрагментація може бути корисна в завантаженій БЛМ або за наявності завад [2; 10].

З розглянутих механізмів тільки фрейми підтвердження і фрагментації можна використовувати для протидії ЕМЗ. Цього безумовно недостатньо. Решту механізмів призначено лише для забезпечення зв'язку всередині стільника, а отже, вони уразливі як для міжсистемних завад, так і для завад від сусідніх стільників.



Рис. 1. Механізм доступу до середовища передавання в мережах 802.11

Запобігання колізіям є ключовим моментом для БЛМ, оскільки останні не мають явного механізму для їх виявлення. У процесі використання технології CSMA/CA колізія виявляється тільки у разі неотримання передавальною станцією очікуваного підтвердження.

Механізми CSMA/CA забезпечують одночасну роботу тільки одного передавача в одній ТД. За наявності завад цей механізм є неефективним, оскільки безпроводове середовище може бути зайняте незалежним стороннім передавачем, який заважає.

Функції координації DCF і PCF забезпечують розподіл смуги пропускання між абонентами. За допомогою фреймів підтвердження визначається факт доставки інформації одержувачу і необхідність повторного відправлення пакетів.

Механізм RTS/CTS вирішує проблему прихованого вузла і забезпечує доступ абонента до середовища передавання. Цей механізм діє тільки в

Аналіз роботи стандарту IEEE 802.11e за умов ЕМЗ

Стандарт IEEE 802.11e розроблено для забезпечення прикладних сервісів необхідною пропускнуою здатністю з допустимою затримкою передавання даних (Quality of Service, QoS). Складність розв'язання цієї проблеми щодо БЛМ полягає в тому, що кількість помилкових пакетів може досягати 10-20%, а швидкість передавання даних істотно залежить від місця розташування абонента і може змінюватися під час з'єднання. Пристрій, що керує виділенням необхідної смуги пропускання, не знає наявних ресурсів, оскільки аналогічний сусідній пристрій може в будь-який момент використати частину цих ресурсів для своїх потреб [2; 5].

Стандарт 802.11e передбачає маркування пакетів, що належать до критичних даних, позначками пріоритету. Максимальний пріоритет отримують пакети голосових даних як найбільш критичні

до затримки у смузі пропускання. За умов основної і розширеної зон обслуговування передавання даних відбувається тільки від клієнта до пункту доступу і назад. 802.11e додає можливість обміну трафіком безпосередньо між двома клієнтами, що не тільки дає змогу більш ефективно використовувати смугу пропускання, а й розширює деякі функціональні можливості, зокрема для домашніх БЛМ, здатних функціонувати без ТД взагалі.

Дослідницька група 802.11e для забезпечення QoS у мережах стандарту 802.11 запропонувала два вирішення, що реалізуються на MAC-підрівні:

1) *гібридну функцію координації (HCF)* з роботою в режимі конкуренції. Найчастіше це вирішення називають *розширеною розподіленою функцією координації (EDSF)*;

2) HCF з роботою в режимі почергового доступу.

У специфікації стандарту 802.11e дані поділено на вісім класів. EDSF і HCF в режимі почергового доступу використовують ці вісім класів (traffic classes, TC), співвідношення яких з вісьмома класами визначено в стандарті 802.1D. Трафік поділено на чотири великі категорії (access categories, AC).

Категорії доступу 0-3 вказують на пріоритет класів стандарту 802.11e [2; 11].

Будь-яка система, що забезпечує різні рівні обслуговування, має три основних компоненти:

1) механізм класифікації трафіку;

2) механізм позначки трафіку відповідним значенням якості зв'язку (QoS);

3) механізм передавання з огляду на класи трафіку.

Після того, як трафік класифіковано і розміщено у відповідній черзі, наступним кроком буде передавання фреймів. EDSF забезпечує механізм поділу трафіку за пріоритетами для клієнтських пристроїв, не пов'язаних безпосередньо один з одним.

Метою заходів щодо забезпечення QoS є захист трафіку високопріоритетних додатків від впливу трафіку фонових додатків. Якщо дві або більше СТ увійдуть у колізію, то в цьому разі фрейм високопріоритетних СТ має перевагу, і фонові СТ буде змушена звільнити середовище передавання і збільшити ширину свого вікна конкуренції.

Механізм керування входом (admission control) відстежує наявні ресурси мережі і дозволяє або відхиляє нові сеанси зв'язку додатків. EDSF використовує схему керування входом, що дістала назву *розподіленого керування входом (DAC)*. Механізм DAC відстежує (у відсотках) використання середовища передавання, що припадає на кожну категорію доступу. Невикористований відсоток пропускної здатності середовища передавання називається *готівковим бюджетом (available budget — АБ)* для даної категорії. Про АБ ТД повідомляє

станції в сигнальних фреймах. Якщо бюджет починає наближатися до нуля, станції не можуть ініціювати нові потоки додатків. Такий процес захищає наявні інформаційні потоки додатків від впливу з боку нових потоків.

Робота HCF у режимі почергового доступу аналогічна роботі функції точки координації PCF. Точка доступу містить логічний об'єкт, що має назву *гібридний координатор (HC)*, який відстежує потоки інформації клієнтських станцій HCF і призначає інтервали опитувань. Отримання доступу в результаті опитування HCF дає можливість станції вимагати потрібний їй час для передавання, а не лише визначати вільну смугу пропускання, як у разі використання EDSF. HCF дає змогу гібридному координатору визначити, які ресурси безпроводового середовища доступні, і прийняти або відхилити інформаційні потоки трафіку додатків.

HCF може функціонувати в двох режимах, один із них співіснує з EDSF, а другий використовує період, вільний від конкуренції (CFP), подібно до PCF.

Механізм розподіленого керування входом (DAC) не має потрібних характеристик, бо не здійснює строгий контроль входу. Станції потенційно можуть виконувати передавання і тим самим негативно впливати на вже наявні інформаційні потоки. Ефективність механізмів 802.11e швидко знижується у разі підсилення перекриття по суміжному каналу.

Таким чином, обладнання стандарту IEEE 802.11e захищає високопріоритетний трафік БЛМ від низькопріоритетного всередині однієї ТД. Незалежні ТД негативно впливають на будь-який вид переданого трафіку. У результаті пошкоджені пакети мають передаватися повторно. Для низькопріоритетного трафіку затримка в доставлянні пакетів не дуже критична. Для високопріоритетного трафіку це неприйнятно, оскільки механізми 802.11e саме і призначено для забезпечення швидкого доставляння високопріоритетних даних.

Аналіз роботи стандарту IEEE 802.11h і k за умов ЕМЗ

Для того щоб організувати оптимальний розподіл користувачів між ТД, потрібно збільшувати зони перекриття між сусідніми стільниками. Як наслідок, зменшується відстань між ТД, що працюють на одному частотному каналі, і, відповідно, збільшуються внутрішньосистемні завади. Ефективно використовувати таку можливість можна в БЛМ, що складаються з однієї-трьох ТД, коли відсутні завади по перекриттю каналів [9].

Автоматичний вибір частотних каналів із найменшим рівнем завад. Така можливість корисна за наявності в мережі однієї-двох ТД. Якщо ТД три і більше, то кількість доступних частотних

каналів, на які можна здійснити перехід, вкрай обмежена. При цьому може знадобитися синхронізоване перемикання частотних каналів відразу всіх ТД. Це можливо тільки за наявності єдиної системи керування БЛМ. У разі наявності 11-ти частотних каналів таке перемикання взагалі неможливо, оскільки комбінацію з трьох каналів, які не перекриваються, можна дістати тільки з використанням 1-го, 6-го і 11-го каналів.

Регулювання потужності випромінювання. Точка доступу має випромінювати сигнал, який змогла б прийняти навіть найбільш віддалена від неї СТ. При цьому регулювати потужність випромінювання ТД практично не має сенсу. Якщо антени точок доступу всенаправлені, то ТД розміщено в центрі стільника. При цьому максимальна потужність, потрібна для передавання даних від граничної СТ до ТД, буде майже однаковою для всіх СТ, які перебувають на межі ТД. Тобто граничні СТ, які мають найбільший заважальний вплив на сусідні ТД, будуть, як і раніше, випромінювати з максимальною потужністю. Отже, у разі використання всенаправлених антен зменшується тільки середній рівень внутрішньосистемних завад. Ефективність механізмів стандарту IEEE 802.11k унаочнює рис. 2 [2].

гою яких можна моделювати залежності в БЛМ, які працюють за різних умов завад. Щоб забезпечити внутрішню електромагнітну сумісність системи між сусідніми ТД, що працюють в одному і тому самому діапазоні на одних і тих самих (або таких, що перекриваються) частотних каналах, необхідно розробити алгоритми доступу до середовища передавання, гарантуючи безконфліктну роботу приймачів сусідніх ТД.

Сучасні системи проектування БЛМ включають в себе методику проектування і алгоритми розрахунків зони покриття. Вони дають можливість оцінити вплив особливостей місцевості, в якій розгортається БЛМ, але не враховують вплив міжсистемних завад і завад від сусідніх ТД. Наявний механізм доступу до середовища передавання призначено для організації безконфліктної роботи приймально-передавальних пристроїв всередині однієї ТД і вразливий для завад, створюваних СТ передавання сусідніх ТД.

Частково розв'язати цю проблему може алгоритм ДКЧ, запропонований для використання в Wi-Fi 6. Однак основним його недоліком є те, що СТ, розміщені поруч із ТД, мають вищу ймовірність доступу до середовища через більш високий рівень сигналу відносно електромагнітних завад.

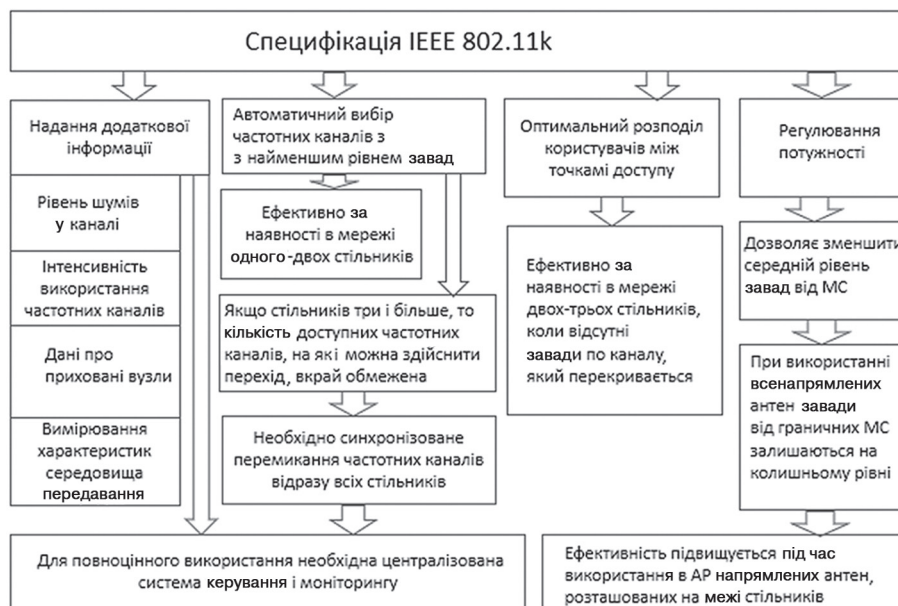


Рис. 2. Ефективність механізмів стандарту IEEE 802.11k

ВИСНОВКИ

Механізми, вбудовані в БЛМ, зосереджено на організації БЛМ в одній ТД, а додаткові заходи (IEEE 802.11h і k) ефективні в невеликих мережах і тільки розширюють функції проектування. Конструкція БЛМ враховує радіозавади. Для проектування БЛМ має бути визначено метод, який бере до уваги ЕМС всередині систем і між ними. Щоб оцінити і зменшити вплив радіозавад, потрібно розробити обчислювальні алгоритми, за допомо-

Усе це призводить до меншої дальності виявлення несучої, а отже, потребує розроблення вдосконалених механізмів контролю чутливості зони обслуговування точок доступу.

З огляду на проведений аналіз можна дійти висновку щодо потреби розроблення методики проектування БЛМ на базі інформаційних систем з урахуванням електромагнітних завад, уможливаючи зменшення часу проектування БЛМ та збільшення ефективності їх подальшого функціонування.

Список використаної літератури

1. **Wi-Fi 6: The Next Generation of Wireless** [Електронний ресурс] // Cisco. URL:

https://meraki.cisco.com/lib/pdf/meraki_whitepaper_wifi6.pdf

2. **Perahia E., Stacey R. Next Generation Wireless LANs.** Cambridge: Cambridge University Press, 2013. 478 p.

3. **Wi-Fi certified 6** [Електронний ресурс] // Wi-Fi Alliance. URL:

<https://wi-fi.org/discover-wi-fi/wi-fi-certified-6>

4. **Розроблення удосконаленого алгоритму контролю чутливості зони обслуговування точок доступу стандарту IEEE 802.11ax** / А. В. Лемешко, А. О. Макаренко, Н. В. Руденко [та ін.] // Зв'язок. 2020. №4. С. 50–56.

5. **802.11v-2011-IEEE Standard for Information technology** [Електронний ресурс] // IEEE Xplore. URL:

<https://ieeexplore.ieee.org/document/8936379>

6. **M. Shahwaiz Afaqui. Evaluation of dynamic sensitivity control algorithm for IEEE 802.11ax** [Електронний ресурс] // IEEE Xplore.

7. **Kyu-Haeng Lee. Using OFDMA for MU-MIMO User Selection in 802.11ax-Based Wi-Fi Networks** [Електронний ресурс] // IEEE Xplore.

8. **A Practical IEEE 802.11ax BSS Color Aware Rate Control Algorithm** [Електронний ресурс] // Springer Nature. URL:

<https://link.springer.com/article/10.1007/s10776-019-00439-6>

9. **Mangold S. IEEE 802.11k: improving confidence in radio resource measurements** [Електронний ресурс] // IEEE Xplore.

10. **Nirmala Shenoy. An improved IEEE 802.11 CSMA/CA medium access mechanism through the introduction of random short delays** [Електронний ресурс] // IEEE Xplore. URL:

<https://ieeexplore.ieee.org/document/7151090>

11. **Wi-Fi Quality of Service Features Enable The Connected World** [Електронний ресурс] // Wi-Fi Alliance. URL:

<https://www.wi-fi.org/news-events/newsroom/backgrounder-wi-fi-quality-of-service-features-enable-the-connected-world>

А. В. Лемешко, О. Н. Ткаченко, А. А. Макаренко, О. Н. Ткаленко, Д. В. Сорокин

АНАЛИЗ ПРОБЛЕМ ЭМС С ЦЕЛЬЮ РАЗРАБОТКИ ЭФФЕКТИВНОЙ МЕТОДИКИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ БЛМ НА БАЗЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ С УЧЕТОМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОМЕХ

Проанализированы область применения, технологии и принципы работы беспроводных локальных сетей, что позволило обозначить проблемные места этих технологий, на которые необходимо обращать особое внимание при проектировании: проблема скрытого узла; взаимные помехи между соседними сотами (внутрисистемная ЭМС); межсистемные помехи; обеспечения QoS для ответственных приложений; расширение беспроводной локальной сети; влияние особенностей развертывания сети. Рассмотрены методы, используемые для решения проблем ЭМС в беспроводных локальных сетях, и проанализирована их эффективность: механизм доступа к среде передачи; стандарт IEEE 802.11a (QoS); дополнительные стандарты, предназначенные для уменьшения влияния помех (802.11 h и k); кодирование и модуляция. Показано, что учет внутрисистемных и межсистемных помех необходимо проводить на ранних стадиях проектирования беспроводных локальных сетей.

На основании проведенного анализа сделан вывод о необходимости разработки методики проектирования беспроводных локальных сетей на базе информационных систем с учетом электромагнитных помех, что позволит уменьшить время их проектирования и повысить эффективность их дальнейшего функционирования.

Ключевые слова: Wi-Fi 6; точка доступа; беспроводные локальные сети; QoS; электромагнитная совместимость.

A. V. Lemeshko, O. M. Tkachenko, A. O. Makarenko, O. M. Tkalenko, D. V. Sorokin

ANALYSIS OF EMC PROBLEMS WITH THE PURPOSE OF DEVELOPING AN EFFECTIVE METHOD OF WLAN DESIGN ON THE BASIS OF INFORMATION SYSTEMS CONSIDERING ELECTROMAGNETIC

The article analyzes the scope, technologies and principles of wireless local area networks, which allowed to mark the "bottlenecks" of these technologies, which need special attention when designing: the problem of hidden node; mutual interference between neighboring cells (intrasystem EMC); intersystem interference; providing QoS for responsible applications; expansion of wireless local area networks; the impact of network deployment features. The methods used to solve EMC problems in wireless local area networks are shown and their efficiency is analyzed: the mechanism of access to the transmission medium; IEEE 802.11e (QoS) standard; additional standards designed to reduce the impact of interference (802.11 h and k); coding and modulation. It is shown that the accounting of intrasystem and intersystem interference should be carried out in the early stages of design of wireless local area networks.

It is shown that the existing mechanisms of access to the transmission medium are designed to organize the conflict-free operation of transceivers within a single access point and are vulnerable to interference created by transmission stations of neighboring access points. The dynamic sensitivity control algorithm is aimed at partially solving this problem, however, the main disadvantage of the DCC algorithm proposed for use in Wi-Fi 6 is that stations located near access points have a higher probability of access to the environment due to a higher signal level. Relative to electromagnetic interference, which leads to a shorter detection range of the carrier. That requires the development of advanced mechanisms to control the sensitivity of the service area of access points.

Based on the analysis, a conclusion is made about the need to develop a methodology for designing wireless local area networks based on information systems, taking into account electromagnetic interference. Which will reduce the time of their design and increase the efficiency of their further operation.

Keywords: Wi-Fi 6; access point; wireless local area networks; QoS; electromagnetic compatibility.