

УДК 621.391.8

Михалевський Д.В., Городецька О.С.

ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНОЛОГІЇ МІМО У СТАНДАРТІ 802.11

Вінницький національний технічний університет

Вінниця, Хмельницьке шосе 95, 21021

UDC 621.391.8

Mikhalevskiy D.V., Horodetska O.S.

FEATURES OF MIMO TECHNOLOGY IN 802.11 STANDARD

Vinnitsia National Technical University

Vinnitsia, 95 Khmelnytske shose, 21021

Анотація. В даній роботі проведено дослідження технології МІМО у стандарті 802.11, яка отримала досить широкого поширення у безпроводних мережах. Для цього було запропоновано її аналіз як безпроводний канал в якому існує множина підканалів, що займають однаковий частотний ресурс та описується двома групами розширень каналного та фізичного рівнів.

Під час проведення досліджень встановлено що, використання одночасно декількох антен випромінювання повино збільшувати зону впевненого прийому сигналу та наявність паралельних просторових каналів дозволяє збільшувати пропускну здатність потоку. Але в такому випадку це приводить до виникнення цілого ряду дестабілізуючих факторів, які потребують подальших досліджень у реальних умовах.

Ключові слова: ефективна швидкість передачі інформації, стандарт 802.11Wi-Fi, 802.11n, 802.11ac, безпроводний канал.

Abstract. In this paper, the research in MIMO technology standard 802.11, which was fairly widespread in wireless networks. This was offered her analysis as a wireless channel in which there is a plurality of sub-channels, occupying the same

frequency resource and described two groups of extensions channel and physical levels.

During the studies found that while the use of multiple antennas radiation ought to increase the zone of confident reception and the existence of parallel spatial channels can increase throughput flow. But in this case it gives rise emergence of a number of destabilizing factors that require further research in the real world.

Keywords: effective transfer rate, network 802.11 Wi - Fi, 802.11n, 802.11ac, wireless channel.

Вступ

Найголовнішою структурною одиницею сучасних безпроводних мереж, є безпроводний канал, характеристики якого мають найбільший вплив на критерії якості, де одним із головних є пропускна здатність каналу [1]. Із розвитком телекомунікаційних мереж, мереж обчислення і зберігання даних, а також враховуючи тенденції розвитку комунікаційних та інфокомунікаційних послуг можна стверджувати, що існуючих ресурсів каналів передачі інформації є недостатньо. Тому постійно створюються і впроваджуються нові методи для покращення їх характеристик, а також збільшення пропускної здатності.

Постановка проблеми та огляд літератури

Одним із методів збільшення пропускної здатності є технологія використання декількох передавальних і приймальних антен, яка отримала досить широкого поширення у багатьох сучасних стандартах безпроводних мереж. Така технологія отримала назву «MIMO» (Multiple Input Multiple Output). Це система з n передавальними і m приймальними антенами, яка здатна забезпечити теоретичну пікову пропускну здатність у n раз більшу (якщо $n=m$), ніж системи з однією парою антен [2]. Це досягається за рахунок того, що передавач розбиває потік даних на незалежні послідовності бітів і пересилає їх одночасно, використовуючи масив антен. По суті, це можна представити як безпроводний канал в якому існує множина підканалів, які займають однаковий частотний ресурс, що приводить до виникнення додаткових вимог для передачі інформації, які потребують вирішення. Наприклад, підвищення максимального

значення коефіцієнта сигнал/шум досягається за рахунок збільшення конфігурації антен $n \times m$ [3]. Також можливо додатково застосовувати до максимального значення коефіцієнта сигнал/шум прості лінійні методи передачі та прийому сигналу для підвищення ефективності каналу передачі [4]. Але найбільш важливою задачею є знаходження максимально можливої кількості необхідних параметрів та оцінок їх залежностей від особливостей безпроводного середовища передачі. Для цього насамперед необхідно виконати аналіз самої технології MIMO для стандарту 802.11, що спробуємо зробити в даній роботі.

Технологія MIMO у стандарті 802.11

Як відомо, особливістю сімейства стандартів 802.11x є залежність пропускну здатності каналу від багатьох факторів які можуть мати як постійний характер, так і випадковий [1]. Починаючи із стандарту 802.11n існує можливість використання технології MIMO яку можна охарактеризувати як дві групи розширень каналного та фізичного рівнів. Вони дозволяють встановлювати різні режими роботи точок доступу. Розглянемо їх.

До першої групи розширень можна віднести просторове мультиплексування (SM – spatial multiplexing), формування вузько-направленого променя (TxBF – transmit beamforming), просторово часове блокове кодування (STBC – space-time block coding), використання кодів із малою густиною перевірок на парність (LDPC – low density parity check), метод вибору антени (ASEL) і технологія об'єднання частотних каналів [5]. Така група розширень доповнюється наявністю множини приймально-передавальних блоків та антен для одного пристрою. Найменша така структурна одиниця створює просторовий канал передачі інформації і має назву «радіо коло» [5]. Радіо-коло визначається як сукупність однієї пари приймально-передавальних блоків відповідного стандарту, включаючи змішувачі, підсилювачі та АЦП і ЦАП. Це є не що інше як канал передачі інформації, для якого характерна модель радіоканалу із двома парами передавач-приймач, кожна з яких працює на одну антену. Для такого каналу,

основними параметрами будуть сумарна потужність сигналів на вході приймача радіо-кола та ефективна швидкість передачі інформації [6]. На основі цього, враховуючи модель каналу стандарту 802.11x, який підтримує MIMO, для одного радіо-кола [1] та роботу [7], структуру безпроводного каналу із технологією MIMO можна представити як показано на рис.1.



Рис. 1. Схема безпроводного каналу стандарту 802.11 з використанням технології MIMO

На підрівнях LLC, MAC та PLCP виконується завадостійке кодування, так званим каналним кодером (КК) [8]. Далі присутній блок кодера MIMO, який реалізується із використанням зворотного швидкого перетворення Фур'є у якості модулятора. Тут інформація перетворюється на частотні коефіцієнти, які після перетворення стають часовими інтервалами, кожен з яких відповідає одному із n передавачів. Для запобігання колізій додатково додаються захисні інтервали які мають назву циклових префіксів (CP - cyclic prefix). Відповідний інформаційний потік надходить у модулятор де за рахунок пари аналого-цифрових перетворювачів створюється реальна і уявна компоненти сигналу OFDM та перетворюється у модульований ВЧ сигнал. На виході передавальної антени ($A_{пд,n}$) n -го передавача формується сигнал $S_n(t)$ та надходить у середовище передачі. На приймальній стороні всі операції виконуються в зворотному напрямку. При надходженні сигналу $S_m^1(t)$ із середовища передачі отримуються блоки інформації від кожного приймального пристрою m ($A_{пд,m}$, $D_{м,m}$), а в декодері MIMO виконується швидке перетворення Фур'є на основі даних із блока оцінки параметрів сигналу (БОПС), створюючи

результуючу послідовність. Як правило, у середовищі передачі існують завади природного характеру, від пристроїв систем передачі та побутових приладів – $B_1(t)..B_n(t)$ та інтерференційні завади – $A_1(t)..A_n(t)$, які вносять інші передавачі стандарту Wi-Fi $S_1^i(t)..S_n^i(t)$ [1]. Крім того, до завад можна віднести завади які створюються множиною радіо-кіл, так як вони працюють на одному частотному каналі і в кожній приймальній антені $A_{пд.м}$ буде наводитись сигнал від кожної передавальної антени $A_{пд.п}$. Як показують дослідження [9,10] рівень випромінювання для кожної антени є однаковим, а сумарна потужність не перевищує 100 мВт.

Друга група розширень – технологія об'єднання сигналів із забезпеченням максимального відношення сигнал/шум (MRC – Maximal Ratio Combining), яка реалізується при наявності мережі із точками доступу та технологією MIMO і призначена для підвищення ефективності безпроводних каналів. При цьому всі прийняті сигнали на всі доступні антени, якщо вони прийняті один до одного у фазі, об'єднуються в один комбінований, який має вищий рівень ніж при наявності одного передавача. В загальному випадку такий процес можна записати як функція розподілу випадкової величини коефіцієнта сигнал/шум [3]:

$$p(\gamma) = \frac{\gamma^{N-1} e^{-\frac{\gamma}{E_b/N_0}}}{(N-1)!(E_b/N_0)^N},$$

де N – кількість випромінюючих пристроїв у мережі; γ – максимальне значення комбінованого коефіцієнта сигнал/шум після створення комбінованого сигналу, яке можна визначити так:

$$\gamma = \frac{(E_b/N_0)(\sum g_m a_m)^2}{(\sum g_m^2)^2},$$

де g_m – відношення сигнал/шум, яке пов'язане із додаванням однакових по фазі сигналів для кожного окремого просторового каналу, a_m – рівень обвідної сигналу при додаванні однакових по фазі сигналів.

Як видно із наведених вище формул, розширення другої групи дозволяє підвищити відношення сигнал/шум збільшуючи кількість одночасно працюючих радіо-кіл, що дає можливість збільшити зону покриття.

Висновки

Таким чином, під час проведеного аналізу технології MIMO для стандарту 802.11, було встановлено, що використання одночасно декількох антен випромінювання повино збільшувати зону впевненого прийому сигналу та наявність паралельних просторових каналів дозволяє збільшувати пропускну здатність потоку інформації (для стандарту 802.11n до 600 Мб/с – чотири просторових канали, для стандарту 802.11ac до 6,77 Гб/с – вісім просторових канали). Але в такому випадку це приводить до виникнення цілого ряду дестабілізуючих факторів, які потребують подальших досліджень у реальних умовах.

Література:

1. Михалевський Д. В. Оцінка параметрів безпроводного каналу передачі інформації стандарту 802.11 Wi-Fi / Д. В. Михалевський. – Східно - Європейський журнал передових технологій. – 2014. – № 6/9 (72). – С. 22-25.
2. Михалевський Д. В. Особливості технології MIMO у стандарті 802.11ac / Д. В. Михалевський, В. О. Шаталюк, В. Й. Куць // Матеріали XVI міжнародної НТК «Вимірювальна та обчислювальна техніка» в технологічних процесах (ВОТТП-16-2016) м. Одеса, червень 2016р, С. 204.
3. Suvarna P. J. Performance of Maximum ratio combining (MRC) MIMO Systems for Rayleigh Fading Channel / P. J. Suvarna, S. H. Vaibhav. – International Journal of Scientific and Research Publications. – 2013. – Volume 3. – Issue 2. – Pp. 1-4.
4. Hamid Reza Bahrami. Maximum Ratio Combining Precoding for Multi-Antenna Relay Systems / Hamid Reza Bahrami, Tho Le-Ngoc. – Communications and Network. – 2010. – №2, Pp. 97-103.

5. Wescott D. A. CWAP Certified Wireless Analysis Professional Official Study Guide: Exam PW0-270 / D. A. Wescott, D. D. Coleman, P. Mackenzie, B. Miller. – Wiley Technology Pub., 2011. – 712 p.

6. Михалевський Д. В. Оцінка ефективної швидкості передачі інформації для сімейства стандартів 802.11x у діапазоні 2.4 ГГц / Д. В. Михалевський, О. С. Городецька. – Сборник научных трудов Sword. – Выпуск 3(40). Том 3. Иваново: Научный мир, 2015. – С.43-47.

7. Broadband MIMO-OFDM Wireless Communications / G. L. Stüber, J. R. Barry, S. W. McLaughlin, Ye Li, and other. – Proceedings of the IEEE. – 2004. – Vol. 92. – N. 2. – Pp. 271 – 293.

8. Информационно-коммуникационные технологии в управлении: монография / [авт. кол. Косолапов А. А., Кувшинов А. В., Нирков А. П., Михалевский Д. В. и др.]. – Одесса: Куприенко СВ, 2015, – 245 с.

9. Михалевський Д. В. Оцінка розподілу потужності сигналу передавача стандарту 802.11 у приміщенні / Д. В. Михалевський, М. Д. Гузь // Сборник научных трудов Sword. – 2015. – №1(38) Том 3. – С. 48-52.

10. Михалевський Д. В. Оцінка розподілу потужності сигналу для сімейства стандартів 802.11x у діапазоні 2.4 ГГц / Д. В. Михалевський, В.В. Номировська, О.М. Постернак // Сборник научных трудов Sword. – 2015. – №2(39) Том 4. – С. 32-35.

Стаття відправлена 04.10.2016

© Михалевський Д.В., Городецька О.С.