

**УДК 621.391.8**

**Михалевський Д. В.**

**АНАЛІЗ ПОБУДОВИ ПАКЕТІВ ТА КАДРІВ ПІД ЧАС ПЕРЕДАЧІ  
ІНФОРМАЦІЇ БЕЗПРОВІДНИМ КАНАЛОМ СТАНДАРТУ 802.11**

*Вінницький національний технічний університет*

*Вінниця, Хмельницьке шосе 95, 21021*

**Mikhalevskiy D.V.**

**ANALYSIS OF STRUCTURE PACKETS AND FRAMES DURING  
TRANSFER INFORMATION OF WIRELESS CHANNEL 802.11 STANDARD**

*Vinnitsia National Technical University*

*Vinnitsia, 95 Khmelnytske shose, 21021*

*Анотація. В роботі проведено аналіз побудови пакетів протоколів TCP/IP та кадрів стандарту 802.11 для застосування у задачах діагностики.*

*Під час досліджень встановлено що, для одного сеансу передачі пакету корисної інформації між прикладними додатками, із застосуванням безпроводного каналу стандарту 802.11, яка в загальному буде становити 2048 байт, додатково додається 40 байт службової інформації для протоколу IP v4 та 60 байт для IP v6. Крім того, у інформаційний потік можуть додаватись службові пакети протоколу ICMP довжиною 36 байт.*

*Канальний рівень стандарту 802.11 додає 40 байт службової інформації, а фізичний рівень – послідовність довжиною 40 байт для низькошвидкісного режиму, 64 байт для високошвидкісного та 104 байти для суміщеного.*

*Ключові слова: ефективна швидкість передачі інформації, безпроводний канал стандарту IEEE 802.11, структура кадру MSDU, структура TCP/IP.*

*Abstract. In this paper analyzes the building blocks of TCP / IP protocols and 802.11 frames for use in diagnostic tasks.*

*Considered one session packet transmission of useful information between applications using the wireless channel 802.11. It was established that the message length is 2048 bytes. The protocol IP v4 added 40 byte service information, and IP v6 added 60 bytes. In addition, the flow of information can be added service packages protocol ISMR length of 36 bytes. Data Link Layer 802.11 adds 40 bytes of official information and physical layer adds a sequence of length 40 bytes for low-speed mode, 64 bytes for high-speed and 104 bytes for mixed mode.*

*Keywords: effective data rate, wireless channel of 802.11 standart, the frame structure of MSDU, structure of TCP / IP.*

## **Вступ**

Одним із найбільш вагомих факторів, для безпроводних телекомунікаційних систем, є ефективна швидкість передачі інформації [1]. Як відомо [2], на її характеристики впливає ряд факторів, які необхідно враховувати при розробці нових ефективних методів діагностики та контролю безпроводних мереж. Але крім фізичних параметрів каналу передачі, існують фактори впливу, які існують до операцій перетворення бітової послідовності на фізичному рівні мережі. Насамперед, це стосується особливостей формування пакетів та кадрів на відповідних рівнях для передачі інформації між прикладними додатками мережі.

## **Огляд літератури**

Як показано в роботі [3], при побудові комп'ютерних мереж з використанням безпроводних технологій стандарту 802.11, виникає ряд особливостей. З точки зору концепції мультисервісних мереж, для користувача є важливим не тільки час отримання доступу до послуги, але і забезпечення мінімально необхідної швидкості передачі у каналі, для певного виду послуги, що є особливо критичним при передачі сучасних видів мультимедійного трафіку. Саме забезпечення стабільної швидкості передачі є однією із головних задач діагностики безпроводних каналів та мереж сімейства стандартів 802.11x. В роботі [4], було розглянуто МІМО-системи радіозв'язку, в яких передача даних здійснюється по паралельним власним підканалам та запропонований

підхід до розрахунку пропускної здатності МІМО-системи. Але результати чисельного моделювання запропонованої моделі дають похибку відносно реальних характеристик для стандарту 802.11n.

Таким чином, для підвищення ефективності діагностики, проведемо дослідження побудови кадрів та пакетів, які використовуються у процесі обміну інформацією між прикладними додатками із використанням безпроводного каналу стандарту 802.11.

### **Аналіз структури пакетів.**

На основі досить значної кількості власних експериментальних досліджень встановлено, що реальна або ефективна швидкість передачі інформації по безпроводному каналу стандарту 802.11 значно відрізняється від значень визначених у специфікаціях [5]. Це пояснюється наявністю службової інформації, виникнення завад та існування перешкод у каналі. Якщо, у специфікаціях вказується пропускна здатність перетворення бітової швидкості на підрівні PMD, то ефективна швидкість передачі оцінюється прикладним додатком. Кількість службової інформації можна оцінити розглядаючи побудову пакетів та кадрів які формуються на відповідних рівнях OSI мережі.

На верхніх рівнях, як правило, знаходяться прикладні додатки, які формують повідомлення, що можна прийняти за кількість корисної інформації. Для їх надійної передачі використовується протокол TCP [6], який забезпечує надійну передачу пакетів та направлений на створення віртуального каналу і є, по суті, основним транспортним протоколом для передачі інформації. Формат пакету даних наведено на рис. 1.

<b>ПДЖ</b>	<b>ППР</b>	<b>НП</b>	<b>НПг</b>	<b>ЗД</b>	<b>З</b>	<b>БК</b>	<b>РВ</b>	<b>КС</b>	<b>ІВД</b>	<b>ДДЗ</b>	<b>ДВ</b>	<b>ПД</b>
2 байти	2 байти	4 байти	4 байти	4 біти	6 біт	6 біт	2 байти	2 байти	2 байти	4 байти		

**Рис. 1. Структура TCP пакета**

Пакет TCP складається із заголовка та поля даних (ПД) і може мати загальну теоретичну довжину до 65535 байт. Але враховуючи, що цей протокол працює по схемі клієнт-сервер, то розмір пакета буде встановлюватись

відповідно до технології передачі каналного та фізичного рівнів або в нашому випадку до розміру кадрів стандарту 802.11. Заголовок складається із наступних полів: порт джерела (ПДЖ) та порт приймача (ППР), являють собою адреси транспортного рівня та забезпечують одночасне функціонування багатьох прикладних додатків верхніх рівнів; поле номер послідовності (НП) містить інформацію про положення пакета для вихідного потоку у віртуальному каналі, а також є інформацією про час існування; поле номера підтвердження (ПНп) містить інформацію про підтвердження прийнятих даних; зміщення даних (ЗД) визначає початок розміщення даних у пакеті; зарезервоване поле (З), яке встановлюється в нуль; поле бітів керування (БК) (важливі дані, підтвердження, пріоритет, перезапиту); поле розміру вікна (РВ) містить дані про об'єм буфера поля даних для отримання інформації; контрольна сума (КС), перевірна послідовність для TCP пакета; ідентифікатор важливих даних (ІВД) вказує на початок важливої інформації в пакеті; поля додаткових даних заголовку (ДДЗ) та поле даних вирівнювання (ДВ) є не обов'язковими і можуть вміщувати кінець полів додаткових даних, пусто, максимальний розмір пакету при готовності прийому даних більше 536 байт. Як правило, довжина заголовка становить 20 байт.

Як зазначається у [7], головним недоліком TCP протоколу є забезпечення високошвидкісних режимів за рахунок складності вибору розмірів вікна для поля РВ. Максимальний розмір вікна для TCP пакету може складати до 4096 байт. Для високошвидкісних каналів передачі вибір вікна може приводити до виникнення досить суттєвих затримок, а при збільшенні розмірів можуть виникати перевантаження. Ці недоліки можуть проявлятися при застосуванні високошвидкісних каналів передачі із пропускнуою здатністю більше 1 Гбіт/с, що характерно для стандартів 802.11ac та 802.11ad.

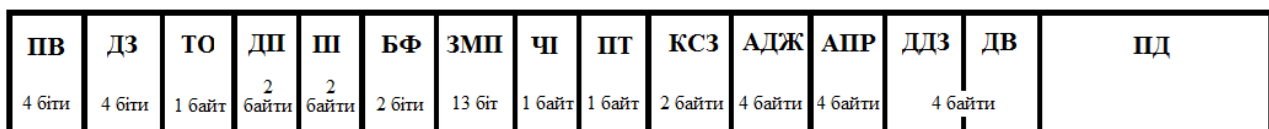
Ще один протокол транспортного рівня – UDP [6], який зазвичай виконує функцію інтерфейсу для прикладних додатків верхніх рівнів до мережного рівня. Структура його пакету наведено на рис. 2.



**Рис. 2. Структура UDP пакету**

Заголовок пакета UDP містить порт джерела (ПДЖ) та порт приймача (ППР), як і у протоколі TCP. Поле довжини (ПД) містить інформацію про всю довжину пакету, а поле контрольна сума (КС) – перевірочну послідовність. Довжина пакета є небільшою ніж поле даних пакета нижнього рівня IP.

На нижньому мережному рівні, використовується протокол IP [8], який виконує універсальну функцію адресації, в рамках існування одної глобальної мережі, а також фрагментацію та дефрагментацію пакетів для узгодження різних типів мереж. Формат пакету даних наведено на рис. 3.



**Рис. 3. Структура IP пакету**

Даний пакет може мати довжину до 65535 байт, складається із поля даних та заголовку, який може становити до 60 байт. Заголовок складається із наступних полів: поле версії (ПВ) де міститься інформація про версію пакета v4 або v6; довжина заголовку (ДЗ) як правило використовується 20 байт для протоколу v4 та 40 байт для v6; тип обслуговування (ТО), являє набір параметрів про пріоритет, час затримки, пропускну здатність та надійність (для протоколу v6 має назву поле трафіку); загальна довжина пакета (ДП), при цьому мінімальна становить 512 дані та 64 заголовок; поле ідентифікатора (Ш) інформація про унікальність пакета, яка також використовується при використанні фрагментації; поле бітів фрагментації (БФ) для обробки фрагментованих пакетів; поле зміщення фрагмента (ЗМФ) використовується при фрагментованих пакетах та містить зміщену інформацію початкового IP пакету; поле часового інтервалу (ЧІ) містить інформацію яка є еквівалентною до часу проходження IP пакету між вузлами (поле ліміт переходів у протоколі

v6); поле транспорту (ПТ) або протоколу (мітка протоколу для v6), містить інформацію про протокол верхнього рівня, наприклад TCP; контрольна сума заголовка (КСЗ) – це поле яке містить інформацію для перевірки на помилки заголовку; поля адреса джерела (АДЖ) та адреса приймача (АПР) є 4-х байтні ідентифікатори вузлів мережі або 16-ти байтні для протоколу v6; додаткові дані заголовка (ДДЗ) та дані вирівнювання (ДВ) можуть використовуватись для специфічних задач і є не обов'язковими.

Крім того на мережному рівні існує протокол керуючих повідомлень ICMP [7] для передачі керування та діагностики протоколів IP, TCP і UDP. Він є недоступним для прикладних програм, але створює додаткове навантаження на безпроводний канал, при виникненні помилок при передачі відповідного типу пакета. Тому розглянемо побудову ICMP пакета, яка показана на рис. 4.

<b>ПТ</b>	<b>ПК</b>	<b>КС</b>	<b>ПР</b>	<b>ПД</b>
1 байт	1 байт	2 байти	4 байти	20 байт + 8 байт

**Рис. 4. Структура ICMP пакета**

Пакет містить заголовок, який складається з наступних полів: поле типу (ПТ), яке вказує на один із дев'яти призначень; поле коду (ПК) визначає функцію пакету; контрольна сума (КС) – перевірочна послідовність для всього пакету; поле різного (ПР), призначене для зберігання службової інформації відповідно до встановленої інформації у полях ПТ та ПК. Інформаційна довжина поля даних (ПД) становить 20 байт заголовка відповідного пакету IP та 8 байт початкової інформації пакету транспортного або мережевого рівня.

Для узгодження передачі пакетів між мережами різних типів, передбачено застосування алгоритму фрагментації [8]. При цьому IP пакет поділяється на частини, та кожній частині надається заголовок із однаковим ідентифікатором. Крім того поділ кадру на фрагменти передбачає, поділ даних на частини які кратні 8, із-за особливостей поля зміщення фрагмента (ПЗФ). Це в свою чергу приводить до збільшення кількості службової інформації у каналі.

Для стандарту 802.11 передбачено формування власних типів кадрів [9]. На каналному рівні формується сервісний пакет даних MSDU, який по суті є IP пакетом. Потім на каналному MAC підрівні, формується кадр даних протоколу MPDU, який містить в собі заголовок, пакет MSDU та циклічний надлишковий код для перевірки правильності передачі. Структура кадру MPDU наведено на рис. 5 [10].



**Рис. 5. Структура кадру MPDU**

Кадр складається із MAC заголовка, поле даних (ПД) та поле циклічного надлишкового коду (ЦНК). Заголовок кадру MPDU складається з наступних полів: керуюче поле (КП) містить в собі службову інформацію про версію протоколу, функцію кадру, вхідний чи вихідний кадр, встановлення шифрування, керування потужністю; поле мережного вектора розміщення (ПМВР) виконує головну функцію по керуванню лічильником часових інтервалів для станцій, які очікують прийом кадрів та забезпечує роботу технології множинного доступу із контролем несучої та виявлення колізій (CSMA/CD); поле адресації (ПА) містить в собі унікальну адресу приймаючої станції, для створення індивідуального каналу передачі, або адресу для створення точки доступу у мережі для підмикання багатьох абонентів, (ПА4 є адресною інформацією для побудови системи розподілу безпроводних мереж, на основі взаємодії точок доступу за допомогою безпроводних каналів створенням радіо подовжувачів та ретрансляторів); поле керування послідовністю (ПКП) – використовується приймальною станцією для визначення дублюючих кадрів при передачі, а також для поділу на частини пакету MSDU; поле контролю якості (ПКЯ) визначає параметри для сервісу контролю якості QoS і використовується при наявності доступу до інфокомунікаційних послуг, що має вісім рівнів пріоритету. В стандарті 802.11n

MAC заголовок містить додаткове контролююче поле для високошвидкісного режиму NT довжиною 4 байти [9].

Поле даних визначається довжиною у 2304 байт, для сумісності із протоколом TCP, із яких 2048 байт відводиться для даних та 256 для заголовків верхніх рівнів.

На фізичному рівні виконується формування кадрів PPDU шляхом додавання заголовку до кадрів MPDU [9], в залежності від режимів роботи каналу. Таким чином, для передачі використовується побудова, яка містить коротку (КП), довгу (ДП) та OFDM синхропослідовності і сигнальне поле (СП), що визначає час для передачі корисної інформації. Довга послідовність вміщує 18 байт преамбули та 6 байт заголовку, а коротка послідовність складається із 9 байт преамбули та 6 байт заголовку. Додатково існує поле задання параметрів модуляції довжиною 1 байт. Кадри PPDU для суміщеного режиму містять обидва заголовки які характерні для двох режимів, що збільшує його довжину в два рази.

### **Висновки.**

Таким чином, на основі проведених досліджень встановлено, що для одного сеансу передачі пакету корисної інформації між прикладними додатками із застосуванням безпроводного каналу стандарту 802.11, загальний розмір інформаційного поля буде становити 2048 байт. До нього додатково додається 40 байт службової інформації для протоколу IP v4 та 60 байт IP v6. Крім того, у інформаційний потік, при виникненні помилок у мережі, можуть додаватись службові пакети протоколу ICMP довжиною 36 байт.

Канальний рівень стандарту 802.11 додає 40 байт службової інформації, а фізичний рівень – послідовність довжиною 40 байт для низькошвидкісного режиму, 64 байт для високошвидкісного та 104 байти для суміщеного.

Литература:



1. Michalevskiy D. V. The research of wi-fi channel for multimedia traffic / D. V. Michalevskiy, V. E. Mondlyak, R. O. Krasota // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2014. – №2. – С. 173 – 177.
2. 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.
3. Михалевський Д.В. Аналіз частотного спектру діапазону 5 ГГц для сімейства стандартів 802.11x / Д. В. Михалевський // Proceedings of the International Scientific and Practical Conference «The Top Actual Researches in Modern Science, Vol. I. – Dubai.: Rost Publishing, 2015. С. 9-12.
4. Одарченко Р.С. Використання моделі хата для оцінки швидкості передавання даних по каналах антенних систем мімо всередині приміщень / Р.С. Одарченко // Системи озброєння і військова техніка. – 2013. – № 2(34). – С. 132-138.
5. 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.
6. Santosh K. Survey on Transport Layer Protocols: TCP & UDP / K. Santosh, R. Sonam // International Journal of Computer Applications. – 2012. – Volume 46, No.7. – Pp. 20-25.
7. Семенов Ю.А. Telecommunication technologies - телекоммуникационные технологии [електронний ресурс] // ИТЭФ-МФТИ, v5.1, 2014. URL: <http://book.itep.ru/preword.htm> (дата звернення: 06.03.2016).
8. Gary C. Kessler. An Overview of TCP/IP Protocols and the Internet [електронний ресурс] // 2014. URL: <http://www.garykessler.net/library/tcpip.html> (дата звернення: 06.03.2016).
9. 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.

10. Михалевський Д.В. Дослідження впливу довжини пакетів верхніх рівнів на ефективну швидкість передачі для стандарту Wi-Fi / Д. В. Михалевський, М. Д. Гузь, Р. О. Красота // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2014. – №4. – С. 189 – 192.

Статья отправлена: 05.03.2016 р.

© Михалевський Д. В.