

**СИСТЕМА ПЕРЕДАЧІ ВИСОКОЯКІСНИХ ЗВУКОВИХ СИГНАЛІВ БЕЗ ВТРАТ**

У даній роботі запропоновано систему передачі високоякісних звукових сигналів без втрат із використанням безпроводного каналу між блоком формування цифрового потоку та цифровим декодером підсилювача. Крім того було проведено дослідження ефективності такої системи.

Ключові слова: система передачі, побітове виведення, високоякісний звуковий сигнали.

D.V. MICHALEVSKIY, E.S. NAUGOL'NYKH, V.M. MELNIK  
Vinnitsia national technical university

**SYSTEM FOR TRANSMITTING HIGH QUALITY AUDIO SIGNAL WITHOUT LOSING**

*Abstract – In this paper proposes a transmission system of high-quality lossless audio signals using wireless channel between the block and form a digital stream digital decoder amplifier. Also a study of the effectiveness of such a system.*

*One of the problems when playing audio quality, audio information is transmitted to the terminal device processing lossless and delay. For modern devices solution of this issue is the use of the bit transmission directly to a digital signal processor amplifier. Implement these methods can both hardware and at the software level. An example of this method is the use of audio interfaces such as the interface of WASAPI / WASAPI exclusive, OpenAL and other.*

*The main feature of this interface is a direct transfer of data from the source audio format to audio driver to remove the intermediate processing units. On the other hand the use of sources compressed with lossy audio data for additional processing units on the contrary improves the quality of signal recovery*

*To stream high quality audio information necessary to provide adequate bandwidth and no delays in transmission. Existing wired communication lines allow these parameters. in our case, the proposed use of sound tract, wireless data transfer between digital processing unit on the computer and decoder in amplifiers to minimize the processing units.*

*But the construction of the bit transmission of high quality audio signals using wireless technologies must be considered disadvantages of wireless communication systems such as speed reduction transmission and signal level, increasing the signal propagation time and errors in the transmission channel. These distortions are usually caused by an increase in the distance between the radio module, the emergence of obstacles in the signal path and the influence of other electromagnetic systems. Therefore, the implementation of bitwise output of high-quality audio using wireless technology the estimation of parameters of transmission of high quality audio signals.*

**Вступ**

На даний час розвиток телекомунікаційних технологій спричинений підвищенням вимог до високоякісних інфокомунікаційних послуг, що супроводжується збільшенням пропускної здатності каналів передачі. Із розвитком та поширенням безпроводних систем передачі інформації, які раніше мали невелику пропускну здатність, тепер існує можливість передачі мультимедійного трафіку у реальному часі, такого як багатоканальний високоякісний звуковий сигнал.

При цьому, однією із задач, при відтворенні звуку високої якості, є передача аудіоінформації до кінцевих пристроїв обробки без втрат, спотворень і затримок. Для сучасних пристроїв, вирішення даного питання, є використання методів побітової передачі інформації безпосередньо на сигнальний процесор цифрового підсилювача. Реалізувати такі методи можна як на апаратному, так і на програмному рівні. Прикладом такого рішення, є використання звукових інтерфейсів, таких як, інтерфейс WASAPI /WASAPI exclusive, OpenAL та інші [1].

З іншого боку, стандарти безпроводної передачі інформації маючи ряд суттєвих переваг, таких як відсутність просторового обмеження вузлів мережі та відсутність потреби у дорогих каналах передачі, мають недоліки. До недоліків слід віднести: падіння швидкості передачі та рівня сигналу зі збільшенням відстані між радіомодулями та наявність перешкод у ефірі, а також менші швидкості по відношенню до провідних систем. Тому, ще однією актуальною задачею, при побітовій передачі високоякісного звуку за допомогою безпроводних технологій є оцінка параметрів сигналу на приймальній частині по відношенню до джерела сигналу.

**Основна частина**

Суть передачі по цифровому тракту звукового сигналу полягає в наступному. На першому етапі, інформація із джерела аудіоінформації надходить на вхід декодера із подальшим перетворенням на основі алгоритмів цифрової обробки, як показано на рис.1.



Рис. 1. Схема обробки аудіо сигналів

Як правило, декодер являє собою набір алгоритмів по відновленню стиснених аудіо сигналів. Для

отримання високоякісного звуку до джерела аудіоінформації висуваються жорсткі вимоги. Для прикладу, високоякісний звук має наступні параметри [1]: частота дискретизації 192 кГц, кількість розрядів квантування 32 біт. При передачі такого сигналу по звуковому тракту, для восьми каналів необхідна пропускна здатність не менше 50 Мб/с (рекомендується 60Мб/с). Також, крім джерел без втрат існують джерела де застосовуються алгоритми стиснення аудіо сигналів із втратами. В цьому випадку, для отримання покращених характеристик відновленого сигналу, використовується додаткова цифрова обробка. Як видно із рис.1 процес обробки полягає у перетворенні цифрового потоку за допомогою певного набору блоків обробки, таких наприклад, як передискретизація, вирівнювач гучності, фільтри (покращувачі) та інші. Це призводить до появи спотворень аудіо сигналу на виході звукового тракту. Для зменшення такого недоліку та підвищення якості звуку, необхідно по максимуму зменшити кількість блоків цифрової обробки при передачі, що досягається методом побітового виведення.

Як показують дослідження [2] найбільш ефективними є алгоритми побітового виведення у інтерфейсах WASAPI exclusive та OpenAL. Принцип перетворення аудіо сигналу із побітовим виведенням наведено на рис. 2.

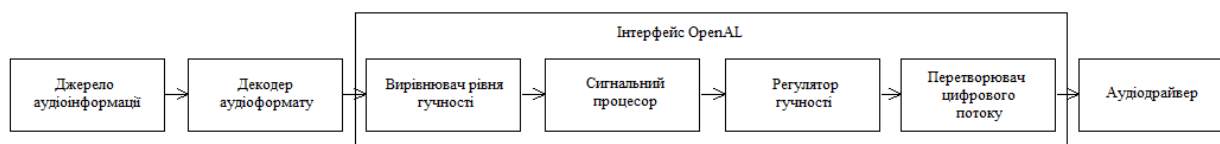


Рис. 2. Схема побітового виведення

Головною особливістю такого інтерфейсу є безпосередня передача даних від джерела аудіо формату до аудіо драйвера, викликаючи проміжні блоки обробки. З іншого боку, при використанні джерела стисненої аудіо інформації із втратами наявність додаткових блоків обробки навпаки, покращує якість відновлення сигналу (особливо це стосується технології створення звукових ефектів зовнішнього середовища інтерфейсу OpenAL).

Для потокової передачі аудіоінформації високої якості необхідно забезпечити відповідну пропускну здатність каналу та відсутність затримок при передачі. Існуючі проводові лінії зв'язку дозволяють забезпечити дані параметри. Але, для сучасної концепції “цифрового будинку”, в нашому випадку пропонується використання, у звуковому тракті, безпроводної передачі даних між блоком цифрової обробки на комп'ютері та декодером у підсилювачі із мінімізацією блоків обробки. В якості безпроводної технології взято стандарт IEEE 802.11n Wi-Fi з пропускною здатністю 150 Мбіт/с на одну антену [3].

Таким чином, загальна структурна схема запропонованої системи передачі високоякісних звукових сигналів показано на рис. 3.

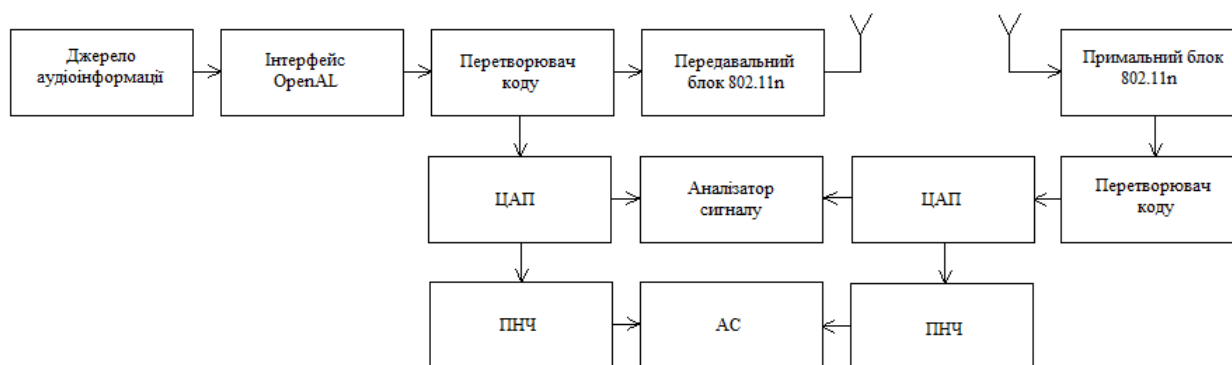


Рис. 3. Система передачі високоякісного звуку

Система містить в собі програмну реалізацію побітового виведення та апаратну частину передавача і приймача стандарту IEEE 802.11n Wi-Fi.

Але, при побудові системи побітової передачі високоякісних звукових сигналів з використанням безпроводних технологій необхідно враховувати недоліки безпроводної технології, такі як: зниження швидкості передачі та рівня сигналу, підвищення часу поширення сигналу та похибки в каналі передачі. Дані спотворення, як правило, спричинені збільшенням відстані між радіомодулями, появою перешкод на шляху проходження сигналу та впливом інших електромагнітних систем. Тому, при реалізації завдання побітового виведення високоякісного аудіо, з використанням безпроводних технологій, необхідно виконати оцінку параметрів передачі високоякісних звукових сигналів. Результати експериментальних досліджень каналу передачі наведено на рис. 4.

Як видно із наведених графіків, можна сказати, що при прямій видимості швидкість передачі є достатньою для потокового відтворення високоякісного багатоканального аудіо на відстань 20...30м. Швидкість передачі починає суттєво знижуватись лише при відстані більше 20 метрів. При наявності, на шляху проходження сигналу, перешкод, швидкість передачі починає знижуватись при відстані близько 8

метрів.

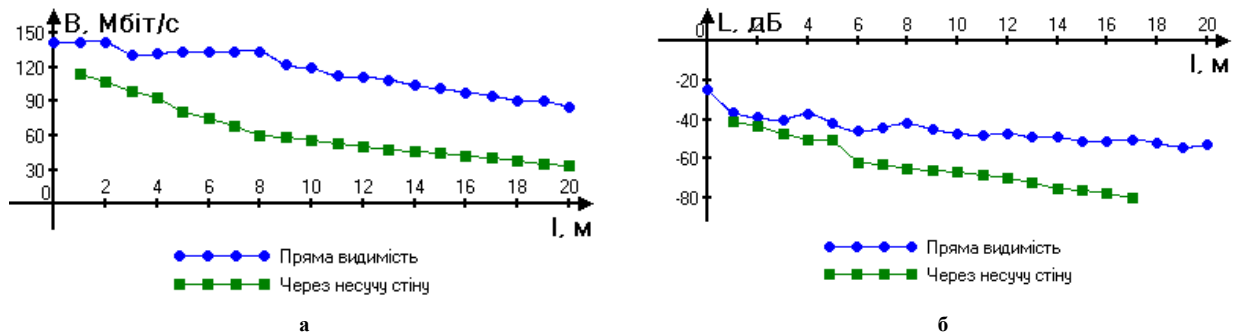


Рис. 4. Результати досліджень зміни параметрів безпроводного каналу передачі від відстані: а) швидкість передачі; б) рівень сигналу

На основі попередніх досліджень, проведемо оцінку параметрів сигналу на приймальній частині по відношенню до джерела сигналу. Суть даних досліджень полягає в порівнянні спектрів сигналів при проходженні їх через канал передачі з еталонним сигналом, для відповідного формату. Для цього у систему передачі високоякісного звуку (рис. 3) було введено аналізатор сигналу.

На першому етапі проведемо дослідження сигналу без використання алгоритмів стиснення, а саме формат WAV, який зберігає нестиснений сигнал імпульсно-кодової модуляції. Результати досліджень наведено на рис. 5.

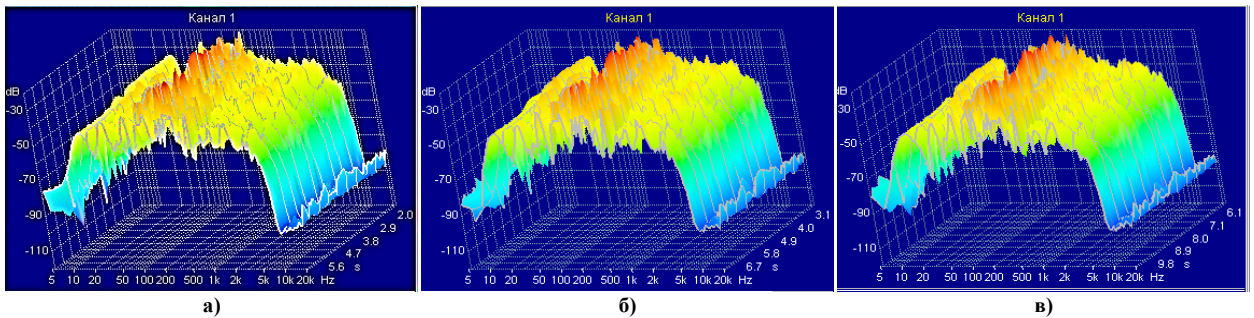


Рис. 5. Спектри сигналу формату WAV: а) еталонний сигнал; б) сигнал із побітовим виведенням; в) сигнал без побітового виведення

На рис. 5 показано порівняння сигналу одного із восьми звукових каналів в однаковому часовому діапазоні. Аналізуючи отримані результати, можна сказати, що між еталонним сигналом та сигналом, переданим з побітовим виведенням великої різниці немає. При розгляді сигналу, без використання інтерфейсу побітового виведення, видно, що амплітуда сигналу має менше значення, а також наявні спотворення в області низьких та високих частот. Це говорить про те, що при передачі аудіо сигналу найбільшу кількість спотворень вносять блоки цифрової обробки.

Для наступного дослідження було обрано популярний метод стиснення аудіо інформації без втрат FLAC. Особливістю такого формату є наявність алгоритмів стиснення без видалення корисної інформації із аудіо потоку і він є придатним для передачі високоякісних звукових сигналів. Результати досліджень для даного методу кодування наведено на рис. 6.

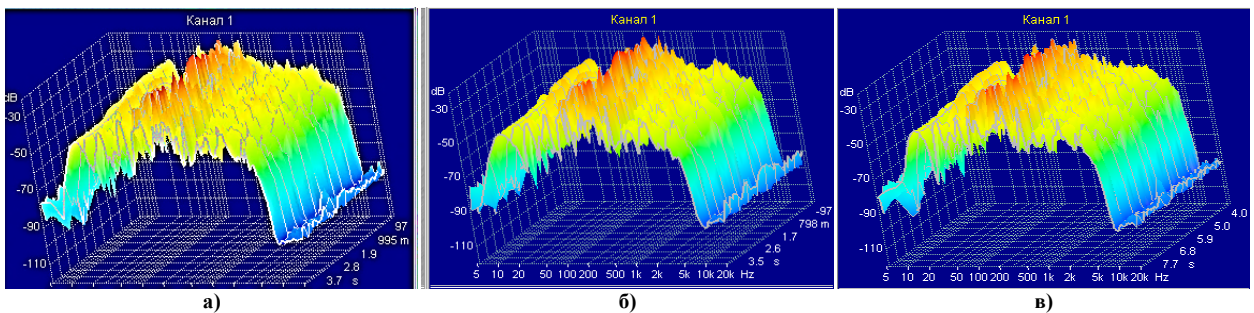


Рис. 6. Спектри сигналу формату FLAC: а) еталонний сигнал; б) сигнал із побітовим виведенням; в) сигнал без побітового виведення

В даному випадку, при використанні побітового виведення, між еталонним сигналом та прийнятим сигналом, існують відмінності в області низьких частот. При передачі без побітового виведення спостерігаються спотворення по всій області частот. Таким чином застосування алгоритму стиснення аудіо

інформації зменшує його завадостійкість.

І на кінець, проведемо оцінку передачі сигналу при використанні алгоритму кодування із втратами, та використанням додаткових блоків кодування для покращення відновленого сигналу. Для цього використаємо джерело сигналу закодоване по алгоритму MP3. Результати досліджень наведено на рис.7.

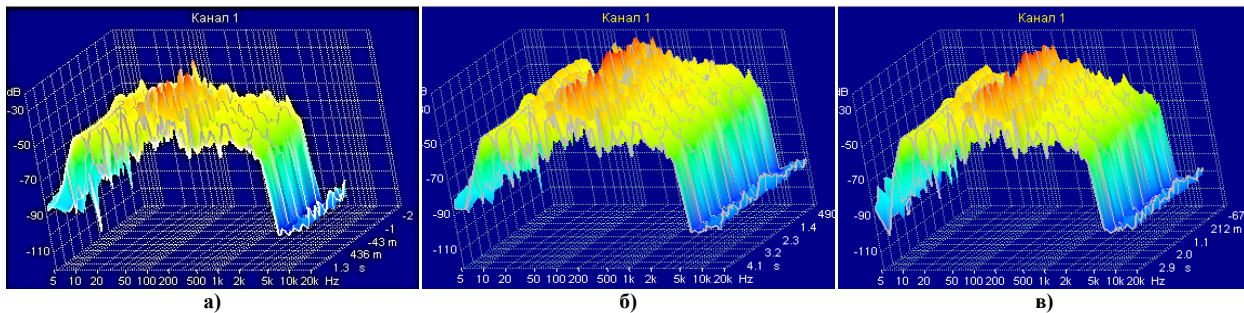


Рис. 7. Спектри сигналу формату MP3: а) еталонний сигнал; б) сигнал із побітовим виведенням; в) сигнал без побітового виведення

Отже, використання формату MP3 та методу побітового виведення, до отримання високоякісних характеристик не призводить. Спотворення суттєво видно як по амплітуді, так і по частоті. Хоча в даному випадку використання додаткових алгоритмів обробки призводить до покращення характеристик сигналу по відношенню до методу побітового виведення. Тому, при використанні даного алгоритму стиснення використання побітового виведення є небажаним.

### Висновки

Таким чином, використовуючи стандарт IEEE 802.11n Wi-Fi, можливо передавати мультимедійний трафік зі швидкістю близько 60 Мб/с на відстань до 20м прямої видимості та до 8м із перешкодами. Як показали дослідження цього достатньо для передачі та відтворення, у реальному часі, високоякісних багатоканальних звукових сигналів без втрат на приймальній частині цифрового декодера використовуючи нестиснений сигнал імпульсно-кодової модуляції.

### Література

1. Михалевський Д.В. Передача високоякісних звукових сигналів без втрат // Д.В. Михалевський, Є.С. Наугольніх, В.М. Мельник / ВОТТП-12-2013: матеріали дванадцятої Міжнар. науково-технічної конф., Одеса, 3-8 червня 2013 р. – Одеса, 2013. – С. 153–154.
2. Тестирование методов вывода звука. Режим доступа: <http://www.aimp.ru/blogs/?p=214>
3. IEEE 802.11n - 2009 – Amendment 5: Enhancements for Higher Throughput. IEEE-SA. 29 October 2009.

### References

1. Mihalevsky D.V. Peredacha visokoyakisnih zvukovih signaliv bez vtrat // D.V. Mihalevsky, E.S. Naugolnykh, V.M. Melnik / VOTTP-12-2013: materialy dvanadtsyatoi Mizhnar. naukovyi-tehnichnoi Conf., Odessa, 3-8 chervnya 2013 p. - Odessa, 2013. - S. 153-154.
2. Testing methods for sound output. Mode of access: <http://www.aimp.ru/blogs/?p=214>.
3. IEEE 802.11n-2009—Amendment 5: Enhancements for Higher Throughput. IEEE-SA. 29 October 2009.

Рецензія/Peer review : 2.7.2013 р. Надрукована/Printed :17.10.2013 р.