

2) забезпечити комфортні умови для роботи діловим партнерам, які завітали в офіс зі своїм ноутбуком;

3) створити локальну мережу в приміщеннях, де прокладання кабелю неможливе або надто витратне.

Завдяки технології Wi-Fi є змога встановлювати бюджетні варіанти безпроводових мостів, виконання та налаштування яких не вимагає жодних специфічних знань і навичок з програмування, (у web-інтерфейсі точок доступу можуть розібратися практично всі). Безпроводові мости Wi-Fi можуть працювати на відстанях до 15–20 км за умови прямої видимості.

#### Список використаної літератури

1. *Безпроводна мережа Wi-Fi* [Електронний ресурс].— URL:

<http://www.bestreferat.ru/referat-184480.html>

2. *Wi-Fi* [Електронний ресурс].— URL:

[http://ua.gecid.com/netlan/wi-fi\\_-\\_razvitie\\_i\\_osnovnyee\\_prinjipye\\_samogo\\_rasprostranennogo\\_standarta\\_besprovodnyeh\\_seteyi/?s=all](http://ua.gecid.com/netlan/wi-fi_-_razvitie_i_osnovnyee_prinjipye_samogo_rasprostranennogo_standarta_besprovodnyeh_seteyi/?s=all)

**Рецензент:** доктор техн. наук, професор **Л. Н. Беркман**, Державний університет телекомунікацій, Київ.

*А. С. Іваніченко, Е. В. Гаврилко*

#### ТЕХНОЛОГИЯ Wi-Fi И ЕЕ ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

*Рассмотрены главные характеристики беспроводной технологии Wi-Fi и ее компоненты.*

**Ключевые слова:** Wi-Fi; адаптер; точка доступа; Wi-Fi сеть; WEP ключ; IEEE; интернет.

*O. S. Ivanichenko, E. V. Havrylko*

#### Wi-Fi TECHNOLOGY AND ITS MAIN FEATURES

*The article describes the main features wireless technology Wi-Fi and its components.*

**Keywords:** Wi-Fi adapter; access point; Wi-Fi network; WEP key; IEEE; Internet.

УДК 681.883

**М. П. ТРЕМБОВЕЦЬКИЙ**, доктор техн. наук, ст. наук. співробітник;

**Є. В. ІВАНІЧЕНКО**, аспірант;

**А. П. БОНДАРЧУК**, канд. техн. наук, доцент,

Державний університет телекомунікацій, Київ

## Розв'язання задач цифрової обробки даних за допомогою операторів з унітарною нелінійністю

**Стрімкий розвиток техніки й технологій у сфері цифрової обробки сигналів (ЦОС) дає поштовх до поліпшення відомих і розробки нових алгоритмів, що мають високу прикладну цінність. Скажімо, для аналогової фільтрації сигналів хоча й існувала математична модель, вона, утім, через недосконалість технічної бази не піддавалась реалізації. Натомість завдяки використанню ЦОС є змога формувати спектр сигналу в будь-якому базисі, виконуючи всілякі перетворення — як лінійні, так і нелінійні. Саме ці переваги ЦОС і становлять головний предмет пропонованої статті.**

**Ключові слова:** цифрова обробка сигналів (ЦОС); нелінійні ортогональні перетворення; завадозахищеність каналу зв'язку; нелінійне рівняння Шредінгера.

#### Вступ. Постановка проблеми

Один із методів, широко застосовуваних у ЦОС, — це метод подавлення зосереджених завад (ЗЗ) у каналах зв'язку. Базується він на вибіркового стисненні спектра завади без спотворення спектра сигналу. Досягти такого результату вдається лише з використанням нелінійних ортогональних перетворень (НОП).

Цю ідею вперше висловили та втілили в життя такі вчені, як С. М. Широков і А. В. Петров. Загалом результати їхніх досліджень стосуються оптимального вибору параметрів нелінійних перетворень сигналів. Далі наведено приклади ефективного використання цього методу на практиці.

#### Основна частина

Виконуючи теоретичний аналіз сигналів і спектрів, їх інтерпретують як функції неперервних аргументів. При цьому нелінійне перетворення спектра здійснюється, здебільшого, за допомогою операторів з унітарною нелінійністю, які подаються нелінійним рівнянням Шредінгера (НРШ)

$$i \frac{\partial \psi}{\partial \eta} + \alpha \frac{\partial^2 \psi}{\partial \omega^2} + f(\psi) \psi = 0, \quad (1)$$

де  $\psi(\eta, \omega)$  — нормована спектральна функція, залежна від частоти  $\omega$  та допоміжної змінної  $\eta$ .

Зауважимо, що математична модель (1) дозволяє розглядати спектр як функцію частоти з певними значеннями в гільбертовому просторі.

© М. П. Трембовецький, Є. В. Іваніченко, А. П. Бондарчук, 2017

Рівняння (1) добре відоме. Використовується воно в багатьох розділах фізики і докладного розгляду не потребує. Нелінійне ортогональне перетворення, що його описує цей вираз, після відповідної дискретизації за змінними  $\eta$  і  $\omega$  здійснюється методами ЦОС за допомогою ланцюжка дискретних перетворень — як лінійних, так і нелінійних.

Варто наголосити, що будь-яке НОП має таку важливу властивість: зі збільшенням кількості ланок у зазначеному ланцюжку результат НОП дедалі менше залежить від початкових умов і форми спектра ЗЗ. Завдяки цій властивості уможливується подавлення широкого класу ЗЗ без змін алгоритмів обробки сигналу.

Теоретично стаціонарну форму перетвореного спектра можна розрахувати за допомогою відомого методу [5]. Для цього необхідно подати  $\psi(\eta, \omega)$  у вигляді

$$\psi(\eta, \omega) = \rho_c(\omega) \exp(-i\gamma\eta). \quad (2)$$

Підставивши (2) в (1) і виконавши певні перетворення, дістанемо рівняння вигляду

$$\gamma\rho_c^2 + \alpha(\rho_c)^2 + k\rho_c^4 = 0, \quad (3)$$

яке при певних значеннях  $\gamma$ ,  $\alpha$  і  $k$  матиме такий розв'язок:

$$\rho_c(\omega) = \rho_{c0} \operatorname{sech}(\omega/\omega_{\text{сп}}), \quad (4)$$

де  $\rho_{c0}$  — значення амплітуди перетвореного спектра ЗЗ;  $\omega_{\text{сп}}$  — ширина цього спектра.

Звідси випливає, що в разі достатньо великої кількості ланок НОП забезпечується перетворення спектра ЗЗ до вигляду, що задовольняє умови солітонного розв'язку НРШ у формі гіперболічного секанса [4]. Результати комп'ютерного моделювання перетворень ЗЗ із різною шириною спектра унаочнюють графіки, подані на рис. 1 і 2, де зображено ЗЗ та їхні обвідні.

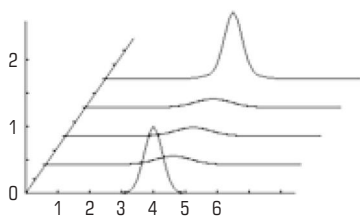


Рис. 1

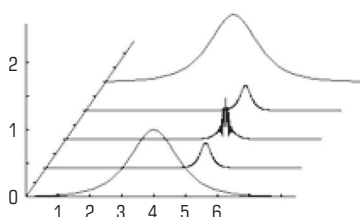


Рис. 2

У плані нашого дослідження значний інтерес становить стійкість виконуваного перетворення до змін форми обвідної ЗЗ. Адже інтенсивність виникнення завад у каналах зв'язку досить хаотична.

Застосувавши метод [5], подамо обвідну вихідного спектра ЗЗ у вигляді

$$\psi(\omega) = \rho_0(\omega) + \delta\psi(\omega), \quad (5)$$

де  $\rho_0(\omega)$  — детермінована складова, а  $\delta\psi(\omega)$  — випадкова складова спектра ЗЗ, яка характеризує флуктуації в каналі. Виконавши перетворення виразу (1) з урахуванням (5), дістанемо систему рівнянь

$$\begin{cases} \frac{\partial}{\partial \eta} \operatorname{Re} \delta\psi(\eta, \omega) = -j\alpha \frac{\partial^2}{\partial \omega^2} \operatorname{Im} \delta\psi(\eta, \omega), \\ \frac{\partial}{\partial \eta} \operatorname{Im} \delta\psi(\eta, \omega) = j\alpha \operatorname{Re} \psi(\eta, \omega) - \gamma \operatorname{Re} \psi(\eta, \psi). \end{cases} \quad (6)$$

Розв'язуючи цю систему рівнянь, знаходимо дисперсійне співвідношення, яке вказує на можливу нестійкість перетворення, оскільки дисперсійний параметр є уявний.

Незважаючи на те, що як теоретично, так і практично було доведено такий факт: за певного вибору параметрів можна досягти достатньо стійкого процесу формування солітоноподібного імпульсу [1], усе ж у даному випадку оптимізація вибору параметрів за заданим критерієм стикається зі значними труднощами, коли доводиться використовувати чисельні методи аналізу.

Утім потрібні оцінки можна дістати для частинного випадку, коли нелінійна функція у виразі (1) набуває вигляду  $f(\psi) = k|\psi|^2$ .

Розв'язок такого рівняння можна подати в континуально-інтегральній формі, скориставшись методом Фейнмана:

$$\psi(\eta, \omega) = \int_{-\infty}^{\infty} \psi_0(\theta) G. \quad (7)$$

Тут  $\psi(\theta) = \psi(\theta, \eta = 0)$ ;  $G(\cdot)$  — функція Гріна, яка подається за допомогою континуального інтеграла такого виду:

$$G(\theta, \omega, \eta) = \int \exp \left[ - \int_0^\eta L(\omega(x), \dot{\omega}(x)) dx \right] D\omega(x), \quad (8)$$

де  $L(\omega(x), \dot{\omega}(x)) = \omega^2(x) + k|\psi(\omega(x), x)|^2$ ;

$D\omega(x)$  — оператор диференціювання.

За допомогою цього виразу можна виконувати інтегрування по нескінченній кількості траєкторій, які пов'язують точки обвідної з координатами  $\theta, 0, \omega$ .

У загальному вигляді аналітичний розв'язок розглядуваного рівняння не існує. Задачі, які тут постають, можна розв'язати за допомогою методу оптимізації, відомого як *наближення заданого каналу* [3]. Тут ідеться про НОП, яке включає в себе тільки дві ланки — лінійну і нелінійну.

Як приклад можна розглянути ЗЗ із флуктуаційною складовою спектра виду

$$\delta\psi(\eta, \omega) = \xi(\omega) \operatorname{sech}(\omega/\omega_{33}), \quad (9)$$

де  $\xi(\omega)$  — випадкова функція частоти з гауссівським розподілом.

Стійкість такого перетворення залежить від інтервалу кореляції випадкового процесу

$$q(t) = \int_{-\infty}^{\infty} \xi(\omega) \exp(j\omega t) d\omega. \quad (10)$$

У разі, коли інтервал співрозмірний із тривалістю ЗЗ, то перетворення стійке. Якщо це не так, то ЗЗ та її спектр розкладаються на послідовність випадково розподілених складових, кількість яких залежить від інтервалу кореляції. Результат комп'ютерного моделювання, який підтверджує цей висновок, наведено на рис. 3.

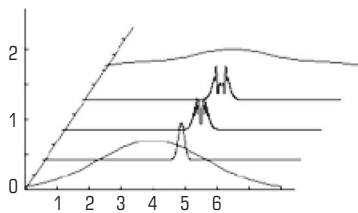


Рис. 3

**Рецензент:** доктор техн. наук, ст. наук. співробітник М. М. Степанов, Державний університет телекомунікацій, Київ.

М. П. Трёмбовецкий, Е. В. Иванченко, А. П. Бондарчук

#### РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ПРИ ПОМОЩИ ОПЕРАТОРОВ С УНИТАРНОЙ НЕЛИНЕЙНОСТЬЮ

Ускоренное развитие техники и технологий в области цифровой обработки сигналов (ЦОС) стимулирует совершенствование существующих и разработку новых алгоритмов, имеющих высокую прикладную ценность. Например, для аналоговой фильтрации сигналов существовала математическая модель, которая, однако, из-за несовершенства технической базы не подлежала реализации. И только использование ЦОС позволяет формировать спектр сигнала в любом базисе, осуществляя различные преобразования — как линейные, так и нелинейные. Именно указанные преимущества ЦОС являются предметом данной статьи.

**Ключевые слова:** цифровая обработка сигналов (ЦОС); нелинейные ортогональные преобразования; помехозащищенность канала связи; нелинейное уравнение Шредингера.

M. P. Trembovetskiy, E. V. Ivanichenko, A. P. Bondarchuk

#### SOLUTION OF DIGITAL DATA PROCESSING PROBLEMS WITH THE USE OF OPERATORS WITH UNITARY NONLINEARITY

Rapid development of technologies in the field of digital signal processing (DSP) technology provides an impetus for improving existing and developing new algorithms. In particular, when using analog filtering of signals, there was only a mathematical model, because of the imperfection of the technical base there was no implementation. In contrast, when using DSP, it becomes possible to generate a signal spectrum in any basis and perform various transformations, both linear and non-linear, which is the main direction of this article.

**Keywords:** digital signal processing; nonlinear orthogonal transformation; interference protection of communication channel; non-linear Schrödinger equation.

#### Висновок

Наведені результати засвідчують ефективність методик підвищення завадозахищеності каналів зв'язку зі складними видами завад на основі нелінійних методів цифрової обробки сигналів.

#### Список використаної літератури

1. *Теория электрической связи* / [А. Г. Зюко, Д. Д. Кловский, В. И. Коржик, М. В. Назаров; под ред. Д. Д. Кловского].— М.: Радио и связь, 1998.— 432 с.

2. *Кловский, Д. Д. Передача дискретных сообщений по радиоканалам* / Д. Д. Кловский.— М.: Радио и связь, 1982.— 304 с.

3. *Агаян, С. С. Оптимальные методы зонного кодирования посредством дискретных ортогональных преобразований* / С. С. Агаян, А. А. Петросян.— М., 1989.

4. *Лайонс, Р. Цифровая обработка сигналов* / Ричард Лайонс.— М., 2006.— 656 с.

5. *Агаян, С. С. Оптимальные алгоритмы ортогональных преобразований и их реализация на ЭВМ* / С. С. Агаян // *Кибернетика и вычислительная техника*.— 1986.— Вып. 2.— С. 231–319.