

ФІЛЬТРАЦІЯ АУДІОСИГНАЛІВ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ВЕЙВЛЕТ-ПЕРЕТВОРЕННЯ

¹ Вінницький національний технічний університет

Анотація

Запропоновано метод фільтрації аудіосигналів із застосуванням вейвлет-перетворення, який дозволяє обмежитися меншою кількістю рівнів розкладання ніж стандартне вейвлет-перетворення для досягнення максимально можливої якості вейвлет-фільтрації.

Ключові слова: аудіосигнал, вейвлет-перетворення, фрейм, неортонормований базис, комплексні вейвлети.

Abstract

A method for filtering audio signals with the use of wavelet transform is proposed, which allows to be restricted to a smaller number of decomposition levels than standard wavelet transformations in order to achieve the maximum possible quality of wavelet filtration.

Keywords: audio signal, wavelet transform, frame, non-rooted basis, complex wavelets.

Вступ

Відмова від вимоги ортонормованості базису забезпечує додаткову свободу при вирішенні низки практичних завдань. Наприклад, надмірність вейвлет-перетворення для випадку неортонормованих базисів (фреймів) дозволяє знизити точність обчислення коефіцієнтів розкладання, але при цьому відновити вихідний сигнал в ході зворотного перетворення з хорошою точністю [1]. Надмірність вейвлет-перетворення при використанні фреймів дозволяє зробити методи вейвлет-фільтрації менш залежними від випадкових спотворень «потрібних» вейвлет-коефіцієнтів, що характеризують важливі деталі інформаційного сигналу. Наприклад, при використанні ортонормованих базисів і застосування граничних функцій для корекції вейвлет-коефіцієнтів існує ризик внесення спотворень за рахунок видалення малих за амплітудою коефіцієнтів (ризик порогової фільтрації). Застосування фреймів зменшує ризик внесення подібних спотворень. З цієї причини фрейми або надлишкові розкладання сигналів в базисі вейвлет-функцій знаходять застосування в задачах кодування та передачі інформації, де надмірність кодів важлива для збереження переданої інформації, а також в задачах стиснення даних і фільтрації шуму [2-4].

Результати дослідження

Одним із прикладів надлишкових вейвлет-перетворень є дискретне вейвлет-перетворення подвійної щільності (ДВПШЦ) [5, 6].

В основі дискретного вейвлет-перетворення подвійної щільності (ДВПШЦ) лежить ідея розкладання сигналу із застосуванням однієї базисної функції і двох вейвлет-функцій або, іншими словами, одного НЧ-фільтра і двох ВЧ-фільтрів, для яких записуються ті ж умови, що і для вейвлетів Добеші:

$$\begin{aligned}\varphi(t) &= \sqrt{2} \sum_n h_0(n) \varphi(2t - n), \\ \psi_1(t) &= \sqrt{2} \sum_n h_1(n) \psi_1(2t - n), \\ \psi_2(t) &= \sqrt{2} \sum_n h_2(n) \psi_2(2t - n).\end{aligned}\tag{1}$$

У формулі (1) h_0 - НЧ-фільтр, і h_1 та h_2 - ВЧ-фільтри. При цьому ВЧ-фільтри можуть бути обрані з умови $h_2(n) = h_1(n-1)$, що можна інтерпретувати як розкладання сигналу, при якому на новому рівні розкладання здійснюється проріджування тільки апроксимуючих коефіцієнтів (коефіцієнтів

розкладання по скейлінг-функції), тоді як деталізуючі коефіцієнти (коефіцієнти розкладання по вейвлет-функціях) зберігаються в повному обсязі (рис. 1).

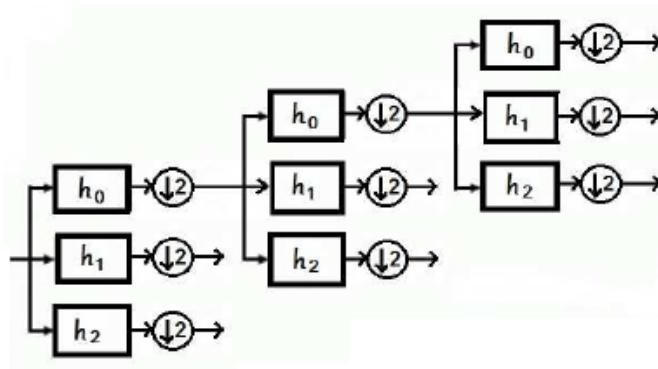


Рис. 1. Схема розкладання сигналу в рамках 1D-ДВППЩ (наведено 3 рівня розкладання)

У ряді робіт відзначаються переваги комбінованих алгоритмів [7], які використовують, з одного боку, ДВППЩ, а з іншого боку, використовують ідеологію доповнення вейвлетів і скейлінг-функцій уявними частинами, спряженими за Гільбертом. Це дозволяє створювати більш потужні інструменти цифрової обробки сигналів, що забезпечують можливість усунення таких проблем, як відсутність інваріантності щодо зсуву, артефакти вейвлет-перетворення і т.д. Таким інструментом є комплексне вейвлет-перетворення подвійної щільності (КВППЩ), яке може бути реалізовано як в одновимірному, так і в двовимірному варіанті. На відміну від 1D-ДВППЩ одновимірний варіант КВППЩ включає додаткове «дерево» розкладання сигналу із застосуванням уявних частин вейвлет-функцій. Схематично процедура розкладання сигналу на основі 1D-КВППЩ представлена на рис. 2.

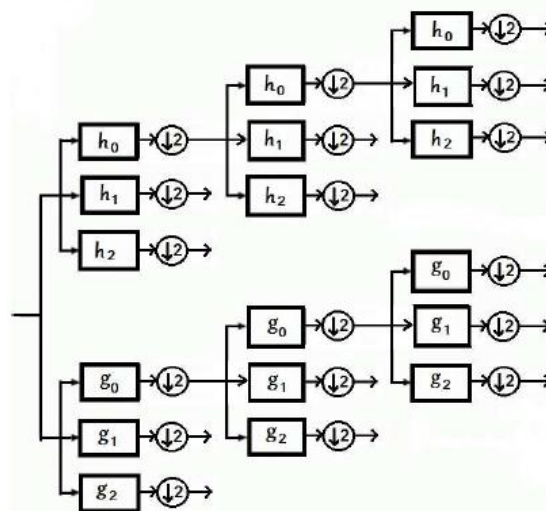


Рис. 2. Схема розкладання сигналу в рамках 1D-КВППЩ (наведено 3 рівня розкладання)

Цей підхід комбінує основні властивості дуального комплексного вейвлет-перетворення (ДКВП) і ДВППЩ і заснований на застосуванні двох різних скейлінг-функцій і чотирьох різних вейвлет-функцій, при якому два вейвлета передбачають зміщення один відносно одного на $1/2$, і ще два вейвлета формують пари, що володіють властивістю наближеного спряження за Гільбертом. Таким чином, одна пара з чотирьох вейвлетів зміщена щодо іншої пари, і її цілі зміщення вздовж часової вісі при розкладанні сигналу потрапляють між цілими зсувами другої пари.

Оцінки якості цифрової фільтрації раніше проводилися на основі розрахунку такої характеристики як середньоквадратична помилка відновлення сигналу. Стосовно до мовним повідомленнями доцільно використовувати додаткові критерії якості, до числа яких належить середня оцінка розбірливості мови (MOS) [8], що представляє собою оцінку за 5-бальною шкалою якісних показників роботи системи зв'язку, що використовується для розмови або слухання мовного матеріалу.

Висновки

Проведено експериментальне дослідження методів вейвлет-фільтрації мовних сигналів, для стандартного підходу, який застосовує 1D-ДВП і бази вейвлетів Добеши та підходу на основі 1D-КВПЩ.

Відзначимо, що в рамках методу 1D-КВПДП у всіх розглянутих прикладах максимум MOS досягався при меншому рівні розкладання. Це дозволяє зробити висновок про те, що застосування 1D-КВПЩ забезпечує можливість обмежитися меншою кількістю рівнів розкладання ніж 1D-ДВП для досягнення максимально можливої якості вейвлет-фільтрації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Дремин, И. М. Вейвлеты и их применение / И. М. Дремин, О. В. Иванов, В. А. Нечитайло // Успехи физических наук. – 2001. – Т. 171. – С. 465–501.
2. Coifman, R. R. Translation-invariant de-noising / R. R. Coifman, D. L. Donoho // In “Wavelets and Statistics”; A. Antoniadis, Ed. – New York: Springer-Verlag, 1995.
3. Goyal, V. K. Quantized overcomplete expansions in IRN: Analysis, synthesis and algorithms / V. K. Goyal, M. Vetterli, N. T. Thao // IEEE Trans. Inform. Theory. – 1998. – Vol. 44(1). – P. 16-31.
4. Lang, M. Noise reduction using an undecimated discrete wavelet transform / M. Lang, H. Guo, J. E. Odegard, C. S. Burrus, R. O. Wells, Jr. // IEEE Signal Processing Lett. – 1996. – Vol. 3(1). – P. 10-12.
5. Selesnick, I. W. The double-density dual-tree DWT / I. W. Selesnick // IEEE Trans. on Signal Processing. – 2004. – Vol. 52(5). – P. 1304-1314.
6. Selesnick, I. W. The double density DWT / I. W. Selesnick // Wavelets in Signal and Image Analysis: From Theory to Practice; Ed. By A. Petrosian, F. G. Meyer. – Kluwer, 2001.
7. Барченко К. В. Аналіз методів фільтрації зображень / Барченко К. В., Білошкурський С. С., Гармаш В. В. // Вісник Хмельницького національного університету. – 2012. – № 4. – С. 79. – ISSN 2226-9150.
8. Loizou, P. C. Speech enhancement. Theory and Practice (2-nd ed.) / P. C. Loizou. – Boca Raton: CRC Press, 2013.

Шепітко Богдан Сергійович — студент групи ІАКІТ-17м, факультет комп'ютерних систем та автоматики, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: shepitko.bogdan@gmail.com

Гармаш Володимир Володимирович - канд. техн. наук, доцент кафедри автоматизації та інтелектуальних інформаційних технологій, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

Shepitko Bohdan Serhiyovych - Faculty for Computer Systems and Automation, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email : shepitko.bogdan@gmail.com

Garmash Volodymyr Volodymyrovych - Ph.D. (Eng), Assistant Professor of Department of Automation and Intelligent Information Technology, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.