

МЕТОДЫ РЕАЛИЗАЦИИ ДВУМЕРНОГО ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЯ

Шкет Н. Н.

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь*

Петровский Н.А. – к.т.н., доцент

Двумерное вейвлет-преобразование используется в стандарте JPEG2000, который находит своё применение во множестве областей мультимедиа, включающих цифровое кино (digital cinema) [1]. В данной работе исследуются методы реализации двумерного вейвлет-преобразования с точки зрения производительности и латентности при выполнении, что критично для данного применения, а также с расчётом на реализацию на ПЛИС.

Вейвлет-преобразование представляет собой разложение сигнала на коэффициенты вейвлет-функций. Вейвлет-функция является конечной во времени и может быть использована для измерения частотно-временных изменений спектральных компонент. Вейвлет-преобразование также

эффективно применяется для выделения прерывистых непериодических изменений в сигнале путём представления на разных уровнях разложения [2].

Вейвлет-преобразование может быть представлено в виде эквивалентного банка фильтров состоящего из двух каналов, реализующих ФНЧ и ФВЧ. Схема одномерного вейвлет-преобразования представлена на рисунке 1.

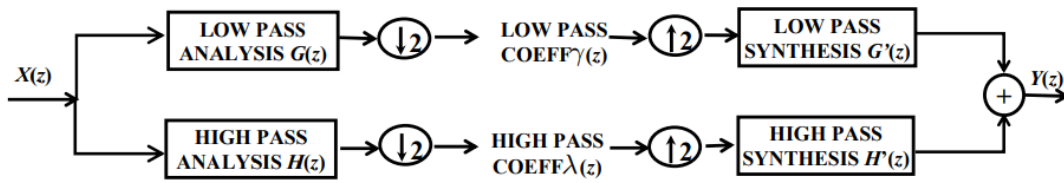


Рисунок 1 – Структура одномерного вейвлет-преобразования [3]

Для перехода от одномерного к двумерному вейвлет-преобразованию необходимо выполнить одномерное преобразование дважды – по строкам и по столбцам, порядок значения не имеет. Для сравнения количества операций, требуемых для разных структур, возьмём стандартное преобразование 9/7, которое используется при преобразовании с потерями в стандарте JPEG2000. Прямое преобразование представляет из себя симметричный ФНЧ 9 порядка и симметричный ФВЧ 7 порядка, обратное – симметричный ФНЧ 7 порядка и симметричный ФВЧ 9 порядка, соответственно.

Для сокращения количества операций используется лестничная структура. Рассматриваемое двумерное вейвлет-преобразование на основе лестничной схемы показано на рисунке 2.

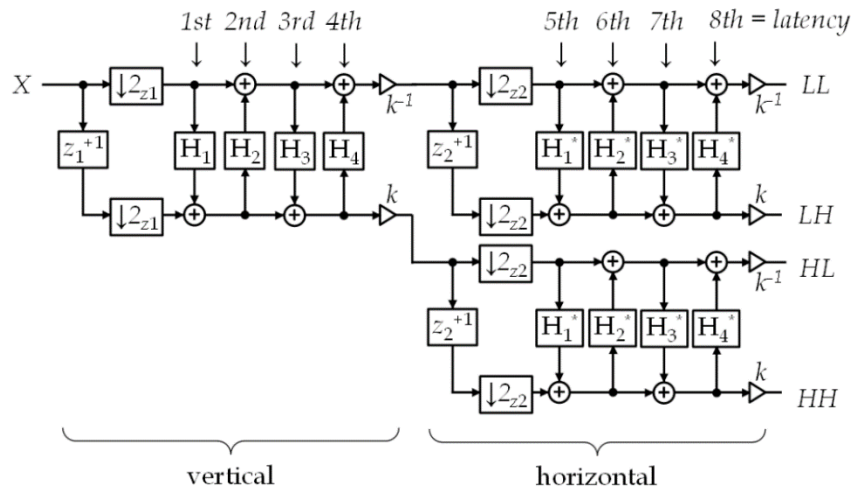


Рисунок 2 – Лестничная структура двумерного вейвлет-преобразования

Как следует из представленной на рисунке 2 схемы, лестничная структура требует 4 операции сложения с накоплением и две параллельные операции умножения на поправочный коэффициент для преобразования 9/7. Тем не менее, схемы использующие одномерное вейвлет-преобразование по строкам и по столбцам отдельно имеют серьёзное ограничение – большую латентность между этапами по строкам и по столбцам, а также память для промежуточного буфера размером с исходное изображение. При реализации преобразования на ПЛИС исходные данные поступают построчно и для уменьшения задержки при обработке логично не ожидать накопления изображения в буфере, а обрабатывать данные сразу при поступлении в двух измерениях.

Для устранения перечисленных ограничений предлагается использовать модифицированный разделимый и неразделимый подход в получении коэффициентов вейвлет-преобразования. Схемы потока данных для существующих лестничных структур представлены на рисунке 3.

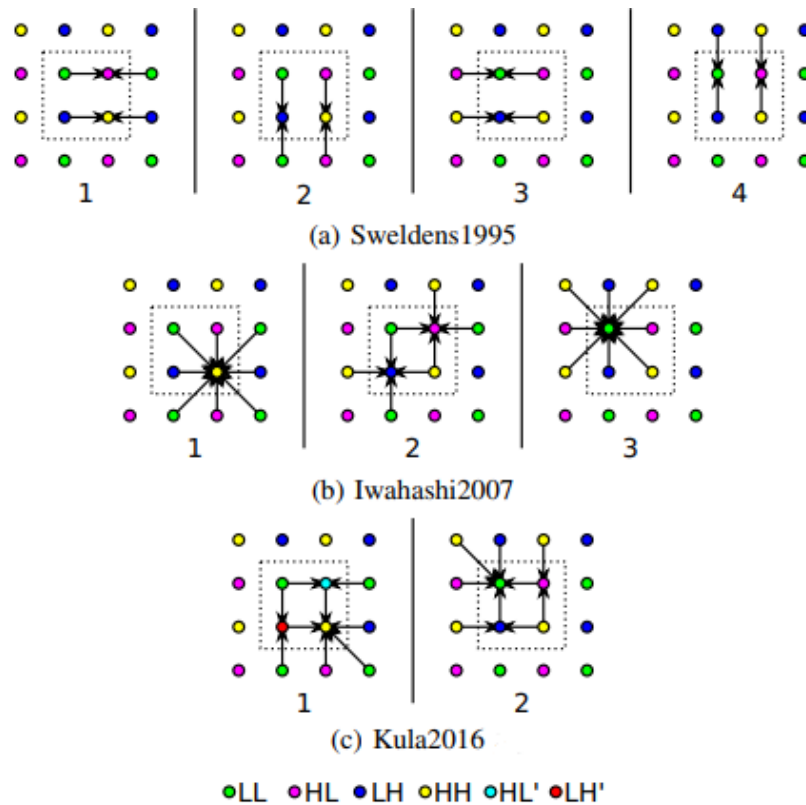


Рисунок 3 – Схемы потока данных рассматриваемых структур двумерного вейвлет-преобразования [4]

На рисунке 3 показаны ступени преобразования. Чтобы выполнить преобразование 9/7, нужно повторить эти ступени дважды. Как видно из схем потока данных, каждое преобразование использует будущие данные как по строкам, так и по столбцам. Следовательно, допуская, что данные поступают построчно, задержка на выполнение преобразования зависит от количества ступеней, использующих будущие данные. Таким образом, для изображения с разрешением $N \times M$ точек, задержки на преобразовании 9/7 с помощью представленных на рисунке 3 схем, без учёта задержек самих вычислений, указаны в таблице 1.

Таблица 1 – Задержки на выполнение преобразования 9/7 для разных схем преобразования.

Преобразование	Sweldens1995	Iwahashi2007	Kula2016
Задержка	$4M+3$	$7M+3$	$3M+3$

Список использованных источников:

1. Applications for JPEG 2000 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://jpeg.org/jpeg2000/applications.html>
2. Mallat S., A wavelet tour of signal processing // Academic press, 1999. – P. 3-4.
3. Jin, Li. The Mathematics of JPEG2000 / Li Jin. – Modern Signal Processing, 2003. – №46. – С. 185-221.
4. Kula, M. New Non-separable Lifting Scheme for Images / M. Kula, D. Barina, P. Zemcik // 2016 IEEE International Conference on Signal and Image Processing (ICSIP), pp 292-295.