

УДК 621.396.96

Д.В.Шешко (6 курс, каф. ИВСиТ), А.А.Андреев, к.т.н., доц.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЙ ПРИ ОБНАРУЖЕНИИ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ СИГНАЛОВ

В настоящее время наблюдается рост технологий ЦОС, связанных с повсеместным внедрением вейвлет-преобразований как качественной замене преобразования Фурье в частотно-временном анализе сигналов с целью повышения точности и быстродействия систем. Устройства обработки радиолокационной информации, несмотря на общий рост производительности вычислительных средств, остаются наиболее требовательными к скорости и точности вычислений. Повышение требований к быстродействию и точности связано с разработкой новых видов вооружений, в том числе высокоточных. Задача обнаружения является, по сути, первой задачей РЛ обработки, и повышение точности и скорости ее выполнения является важной частью решения радиолокационных задач вообще.

Наибольшее распространение для решения задачи обнаружения сигнала получила оптимальная фильтрация. В зависимости от решаемой задачи – обнаружение сигнала, измерение его параметров или разрешение (различение) сигналов – критерии оптимальности могут быть разными. Для задачи обнаружения сигналов в шумах наибольшее распространение получил критерий максимума отношения сигнал-помеха на выходе фильтра.

Исходя именно из этого критерия, было получено соотношение

$$H(\omega) = AS^*(\omega)e^{-j\omega\tau_0}, \quad (1)$$

полностью определяющее передаточную функцию фильтра, максимизирующего отношение сигнал-шум на выходе. Функция $H(\omega)$ согласована со спектральными характеристиками сигнала – амплитудной и фазовой. В связи с этим, рассматриваемый оптимальный фильтр называют согласованным [1].

Высокоскоростная свертка – весьма эффективный алгоритм реализации цифрового согласованного фильтра. С помощью этого алгоритма вычисляется свертка в частотной области. Эффективность этого метода обеспечивается использованием для выполнения всех ДПФ алгоритма БПФ. При больших N выигрыш в объеме вычислений может оказаться очень существенным [2]. Число операций, необходимых для выполнения этого алгоритма приближенно можно оценить по формуле

$$N = n(1 + \log_2 n), \quad (2)$$

тогда как число операций при расчете свертки обычным способом составляет

$$N = 2N_h(N_s + N_h). \quad (3)$$

Однако алгоритм высокоскоростной свертки мало эффективен при $N_s \ll N_h$.

В первую очередь была предпринята попытка улучшить согласованный фильтрации, а именно, увеличить возможности фильтра по обнаружению сигнала при таком соотношении сигнал/шум, при котором «классический» согласованный фильтр бессилён. После серии экспериментов, которые включали в себя вейвлет-фильтрацию сигнала на входе, корреляционный анализ вейвлет-образов входного сигнала и эталона, вейвлет-анализ выхода согласованного фильтра можно сделать вывод о том, что применение вейвлетов в

описанных выше вариантах не дает никакого улучшения исследуемых характеристик обнаружения.

Вместе с тем, в ходе выше экспериментов был отмечен факт, что при сжатии входного сигнала и эталона посредством вейвлет-преобразования и последующей корреляционной обработки, результат практически идентичен «полноразмерной» согласованной фильтрации, что позволяет при применении «быстрого вейвлет-преобразования» сократить число вычислений по сравнению с современными быстрыми алгоритмами реализации согласованной фильтрации.

Ниже приведен алгоритм минимизации числа операций, требуемых для реализации согласованной фильтрации:

1. Выбор вейвлета минимального порядка (минимизация коэффициентов фильтров) в зависимости от типа зондирующего сигнала при условии сохранения функциональности согласованного фильтра для требуемого сжатия («быстрое вейвлет-преобразование» производится только для ортогональных вейвлетов [3]).

2. Расчет требуемого числа операций для сжатия сигнала исходя из формулы для «классической» свертки и учитывая децимацию сигнала на каждом шаге фильтрации.

3. Расчет требуемого числа операций для согласованной фильтрации сжатого сигнала по формуле для высокоскоростной свертки.

4. Анализ числа операций на каждом этапе сжатия, поскольку возможна ситуация, когда согласованная фильтрация сигнала, сжатого на предыдущем шаге итерации, обойдется меньшим количеством операций, нежели дополнительное сжатие и фильтрация.

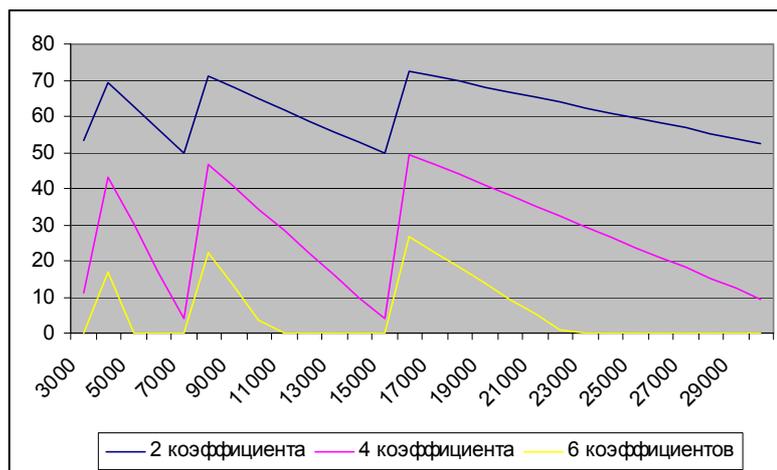


Рис. 1. Сокращение числа операций.

Рис. 1. иллюстрирует, насколько удается сократить число операций по сравнению с высокоскоростной сверткой (в процентах) для разных длин анализируемого сигнала и разного количества коэффициентов фильтров разложения (длина зондирующего импульса 1000 отсчетов).

Эффективность алгоритма оценена для программной реализации, в случае которой особых различий в выполнении умножения или сложения нет. Для аппаратной реализации выигрыш в производительности будет больше за счет того, что реализация нескольких быстрых устройств предпочтительнее разработки одного медленного, кроме того, алгоритм легко конвейеризуем.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Гоноровский И.С. Радиотехнические цепи и сигналы. // Изд.4. – М.: Радио и связь, 1986. с.396-421.

2. Оппенгейм Э. Применение цифровой обработки сигналов. // М.: Мир, 1980. с.268-366.
3. Дьяконов В.П. Вейвлеты. От теории к практике. // М.: СОЛОН-Р, 2002. с.117-231.