

ФИЛЬТРАЦИЯ ДИСКРЕТНЫХ СИГНАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА ВЕЙВЛЕТ АНАЛИЗА

Скляренко М.И., группа ТКС-016

Руководитель доц. каф. АТ Дегтяренко И.В.

Передача информации посредством электрических сигналов играет большую и все возрастающую роль во всех видах человеческой деятельности. За последнее время резко повысились требования, предъявляемые к системам передачи информации. Необходимо вести передачу со все большими скоростями, на все большие расстояния, и в тоже время все более высокие требования предъявляются к правильности передачи. Следовательно, на сегодняшний момент все более актуальной становится проблема борьбы с шумами.

При обработке сильно зашумленных сигналов традиционной процедурой является их частотная фильтрация. Реализуется такая процедура использованием частотных фильтров, полоса пропускания которых согласовывается с эффективной полосой частот принимаемых полезных сигналов. Частотные фильтры повышают отношение сигнал/шум на своем выходе тем больше, чем меньше отношение эффективной полосы полезного сигнала к общей ширине спектра зашумленного сигнала. Основным недостатком использования частотных фильтров является невозможность удаления шумовой составляющей из эффективной полосы полезного сигнала.

В рамках данного исследования изучаются методы фильтрации цифровых сигналов, и подбираются наиболее эффективные средства для удаления шумовых компонент из них. Исследуются аппарат классической [1] фильтрации и вейвлет фильтрации [2].

Вейвлеты представляют собой особые функции в виде коротких волн (всплесков) с нулевым интегральным значением и с локализацией по оси независимой переменной (времени), способных к сдвигу по этой оси и масштабированию. Любой из материнских вейвлетов порождает полную ортогональную систему. В случае вейвлет анализа (декомпозиции) сигнала благодаря изменению масштаба вейвлеты способны выявить различие в характеристиках сигнала на различных уровнях разложения сигнала, а посредством сдвига можно проанализировать свойства сигнала в различных точках на всем временном интервале.

Обычно, функция материнского вейвлета обозначается буквой ψ . В общем случае непрерывное вейвлет преобразование сигнала $f(t)$ выглядит так [2]:

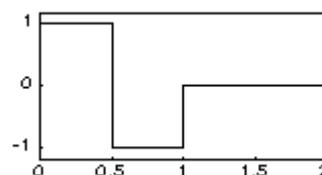
$$W(x, s) = \frac{1}{s} \int_{-\infty}^{+\infty} \psi * \left(\frac{t-x}{s} \right) f(t) dt, \quad (1)$$

где t — время, x — локализация вейвлета во времени, s — масштаб вейвлета (параметр, обратный частоте), $(*)$ — означает комплексно-сопряженное.

При анализе сигналов с использованием алгоритма вейвлет разложения важным этапом является выбор материнского вейвлета. Для получения наилучших результатов рекомендуется, чтобы форма материнского вейвлета имела наибольшую схожесть с выявляемыми компонентами в исследуемом сигнале. В частности, для решения задачи фильтрации дискретных по уровню сигналов наиболее целесообразно использовать материнский вейвлет Хаара (см. рис. 1).

$$\psi(t) = \begin{cases} 1, & 0 \leq t < 1/2 \\ -1, & 1/2 \leq t < 1 \\ 0, & t < 0, t \geq 1 \end{cases}$$

а)



б)

Рисунок 1 — Вейвлет Хаара а) аналитическая формула, б) график

Непрерывное вейвлет преобразование имеет большую избыточность и требует значительных вычислительных ресурсов, поэтому на практике чаще применяют дискретное вейвлет преобразование, основанное на использовании алгоритма Малла [2]. В соответствии с этим алгоритмом сигнал раскладывается на аппроксимирующие (низкочастотные) и детализирующие (высокочастотные) компоненты.

Шумовые компоненты, как правило, проявляются в детализирующих коэффициентах вейвлет-разложения. Таким образом, ограничив по уровню детализирующие коэффициенты, перед восстановлением сигнала, можно уменьшить уровень шумов. При этом возможно как глобальное ограничение всех коэффициентов по уровню, так и локальное ограничение по каждому уровню разложения.

Далее приведены результаты фильтрации зашумленного дискретного сигнала, которые проводятся способом классической и вейвлет фильтрации.

Для реализации процесса фильтрации была создана модель, которая включает в себя генератор прямоугольных импульсов и источник Гауссова белого шума (мощность 24 Дб), значения которых суммируются.

После этого начинается обработке сигнала.

Как правило, для очистки сигнала от шума удаляют высокочастотные компоненты, для этого мы используем фильтры нижних частот Чебышева и Батерворта.

Для вейвлет фильтрации использовались следующие параметры:

- Пороговое перемасштабирование с использованием единственной оценки уровня шума, основанные на коэффициентах первого уровня.

В процессе фильтрации были получены следующие результаты (рис. 2).

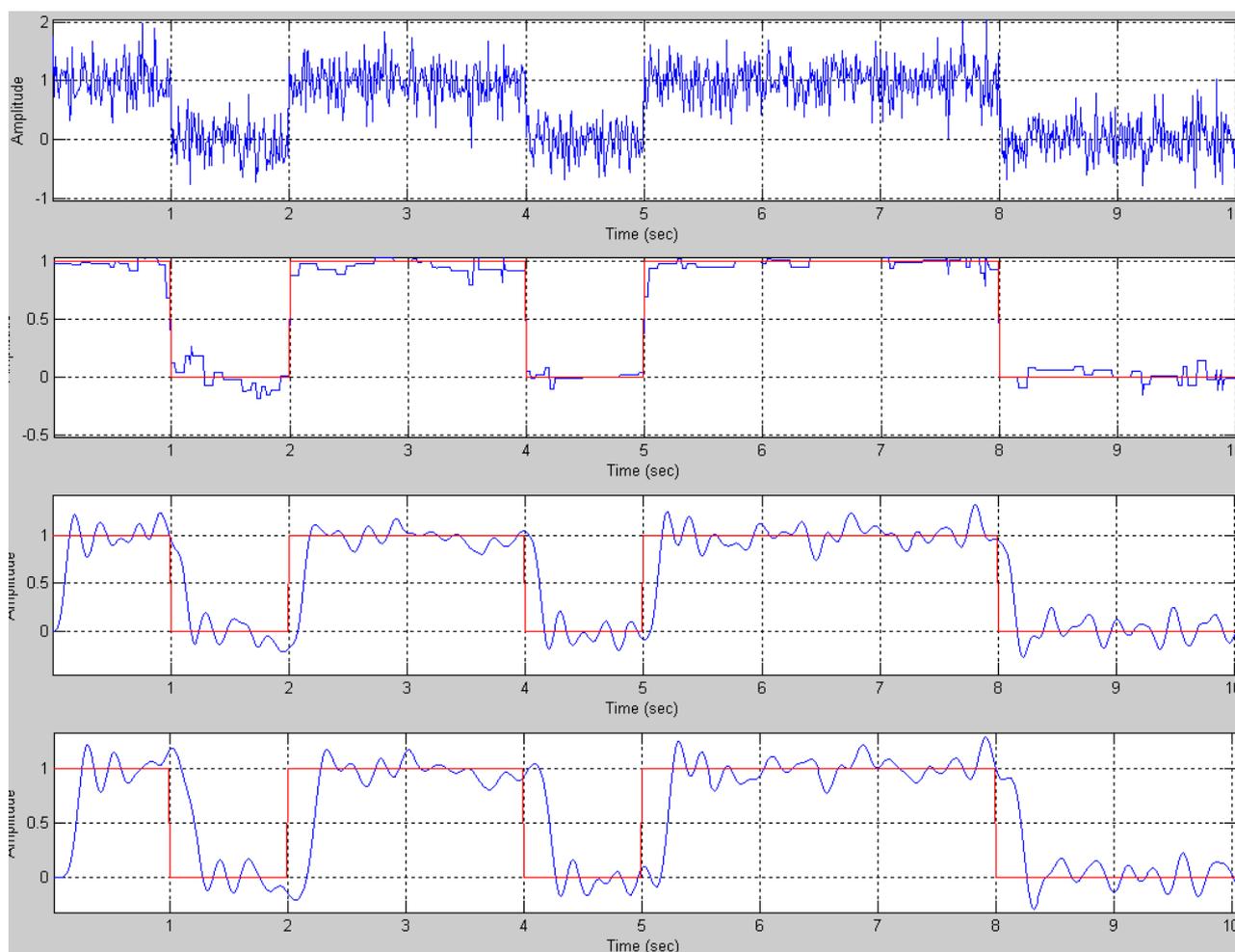


Рисунок 2 — Результаты фильтрации сигнала

На первом графике видно совокупность прямоугольных импульсов, просуммированную с Гауссовым белым шумом; на втором — отфильтрованный сигнал вейвлет фильтром; на третьем графике — отфильтрованный сигнал фильтром Чебышева; на четвертом графике — отфильтрованный сигнал фильтром Батерворта.

Из полученных результатов видно эффективность вейвлет фильтрации при которой наиболее точно восстанавливается форма исходного сигнала, при фильтрации фильтром Батерворта и Чебышева при заданном уровне шумов выявлены такие недостатки как задержка, искажение фронтов и большая колебательность.

В условиях стремительного развития рынка коммуникаций и неизбежно растущей конкуренции остро встает вопрос предоставления инфокоммуникационных услуг высокого качества, что неизбежно ставит задачу использования все более совершенных методов обработки данных, позволяющих решать эту проблему на более высоком уровне. Одним из современных решений такой проблемы является применение сравнительно недавно появившегося, но уже очень хорошо зарекомендовавшего себя вейвлет-анализа, фильтрационные и реконструкционные свойства которого позволяют оперировать информацией (сглаживание, разложение на компоненты, свертка и т.п.) без потери значимых деталей. Благодаря возможности подбора необходимых условий и параметров под определенные задачи, вейвлет-преобразование представляется очень перспективным математическим аппаратом для решения задач, связанных с анализом сигналов различной природы. В то же время следует отметить, что вейвлет-анализ ни в коем случае не является заменой всех прочих методов анализа, и не умаляет их достоинств, он просто отличается от них и позволяет посмотреть на анализируемый процесс с несколько иной точки зрения, поскольку иногда использование вейвлет-анализа оказывается избыточным, что незамедлительно сказывается на времени обработки данных и, следовательно, на несвоевременном получении результатов, что особенно важно, когда необходима оперативность контроля.

Перечень ссылок

1. Сергиенко А. Б. Цифровая обработка сигналов — СПб: Питер, 2002 — 608 с.
2. Дьяконов В. П. Вейвлеты: от теории к практике — Москва: Солон-Р, 2002 — 448 с.