

УДК 681.3(075.8)

Толетаев Ержан Амандыкович – магистрант (г. Алматы, Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева,)

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ШУМОВ НА КАНАЛ WIFI В СРЕДЕ MATLAB

Актуальность статьи заключается в исследовании канала WiFi для обоснованной замены кабельных сетей СЦБ. Распространяемые электромагнитные частоты WiFi подвергаются различными помехами, которые следует очистить от шумов. С этой целью была использована программная среда MATLAB

Использование графического интерфейса пользователя (GUI) Wavemenu, при помощи которого можно получить удобный и наглядный доступ к основным процедурам toolbox Wavelet набора инструментов (коротко toolbox), встроенных в вычислительную среду MATLAB, для решения разнообразных инженерных задач, связанных с компрессией сигналов, анализом их особенностей, очисткой от шумов и др. В основе используемых процедур лежит относительно новая теория разложения сигналов по специальным функциям-всплескам (wavelet), главными особенностями которых являются ограниченность во времени, само подобие и компактная локализация энергии по времени и частоте.

Tool Box Wavelet состоит из набора подпрограмм которые позволяют:

- ознакомиться и исследовать характеристики индивидуальных wavelet и wavelet-пакетов;
- вычислять непрерывное wavelet-преобразование одномерных сигналов;
- производить анализ и синтез дискретных одномерных и двумерных сигналов на основе дискретного wavelet-преобразования;
- раскладывать одно и двумерные сигналы по пакету wavelet;
- исследовать статические характеристики сигналов;
- производить сжатие и очистку от шума одномерных и двумерных сигналов.

Использовать подпрограммы toolbox-a Wavelet можно в режиме командной строки непосредственно из системы MATLAB. Применительно к данному случаю предоставляется возможность решать широкий круг задач с помощью графического интерфейса Wavemenu, который значительно облегчает применение основных подпрограмм toolbox-a, а так же обеспечивает представление и визуализацию данных и результатов в удобной и наглядной форме.

Часто оказывается, что wavelet-разложение сигнала по классической схеме не всегда оправдано. Это связано с тем, что сигнал раскладывается в виде суммы сигналов с шириной спектров, равной октаве, но для каждого конкретного сигнала такое разбиение не всегда является наилучшим. Мейер и Койфман предложили схему разложения сигнала по wavelet-пакету.

На каждом уровне последующей фильтрации подвергается не только низкочастотная, но и высокочастотная составляющая. Общая схема фильтрации будет иметь вид двоичного дерева (рисунок 1).

Wavelet-пакетом является любой подграф G полного графа разложения, удовлетворяющий следующим свойствам:

- корень дерева принадлежит G ;
- в каждой из вершин граф G либо делится на две части, либо прерывается.

Сигнал, получающийся в каждом узле дерева wavelet-пакета, можно интерпретировать как выход некоторого полосового фильтра. Сложность вычисления по полной схеме пропорциональна $N \log N$, где N является длиной сигнала.

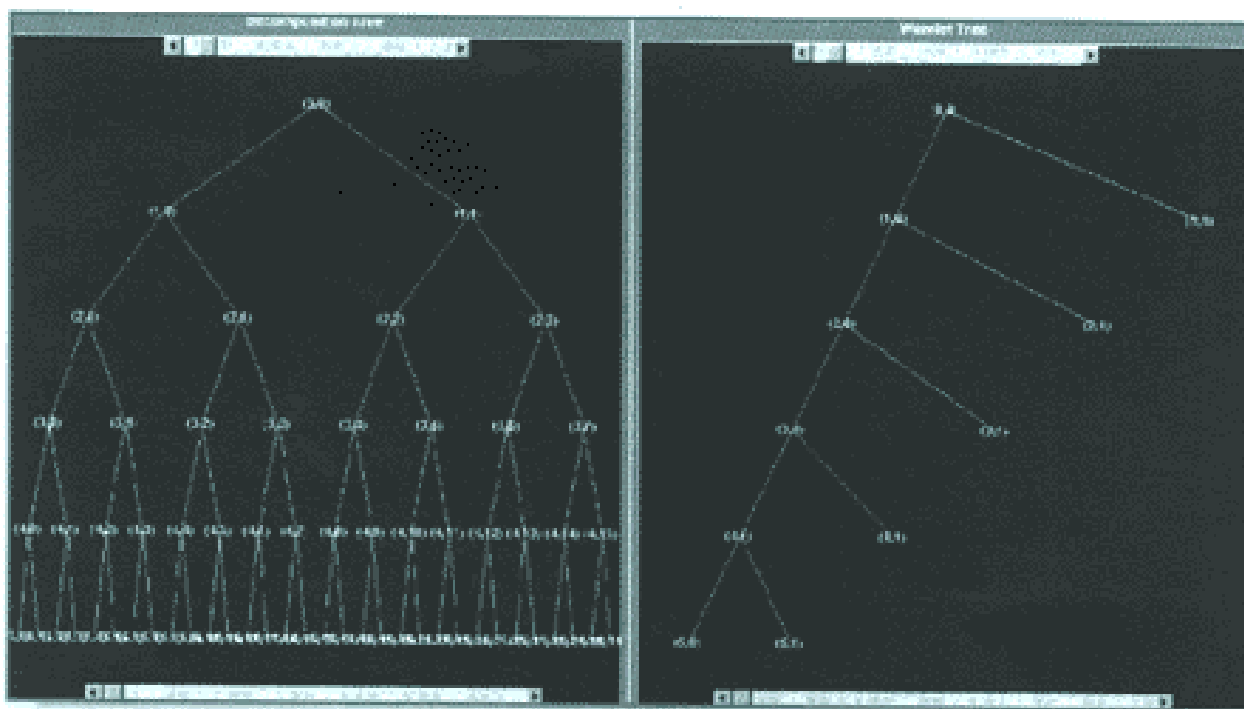


Рисунок 1 – Разложение по "стандартной" схеме (а) и по wavelet-пакету (б)

Для экономии вычислений и повышения качества разложения вводится аддитивная функция стоимости $E(s)$, такая что $E(0) = 0$ и

$$E(\{s_i\}) = \sum E(s_i), \quad (1)$$

где s_i - коэффициенты разложения в i -м узле дерева.

Далее, на основе введенной функции стоимости определяется наилучший подграф полного дерева.

Если суммарная функция стоимости потомков узла меньше, чем функция стоимости предка, то они включаются в подграф, в противном случае, данный узел становится терминальным, то есть последующее разбиение этого узла не производится.

Таким образом, можно адаптировать разложение к сигналу. Отметим, что такая адаптация не требует обучения или знания статистических свойств сигнала.

Функции стоимости, используемые в GUI Wavemenu для определения наилучшего подграфа:

Shannon - $\sum s_i^2 \log s_i^2$, $\log(0)$ принимается равным 0;

Threshold - число отсчетов, по абсолютному значению больших, чем заданный порог ϵ ;

$$\text{Norm} - \sqrt[l]{\sum s_i^l}, l \leq \rho < 2; \quad (2)$$

Log Energy - $\sum \log(s_i^2)$, $\log(0)$ принимается равным 0;

SURE - $\sqrt{2 \ln(N \log_2(N))}$, N - количество отсчетов;

User - функция стоимости задается в MAT-файле.

Для анализа и синтеза сигналов, используя разложение по wavelet-пакету, необходимо выбрать пункт "Wavelet Packet 1-D" в главном меню. Появится панель инструментов разложения одномерного сигнала по wavelet-пакету (рисунок 2).

Процедура фильтрации шума выглядит так же, как и при использовании стандартной схемы wavelet-преобразования, только модифицируются коэффициенты, находящиеся в терминальных узлах выбранного в соответствии с заданной функцией стоимости наилучшего подграфа полного дерева разложения.

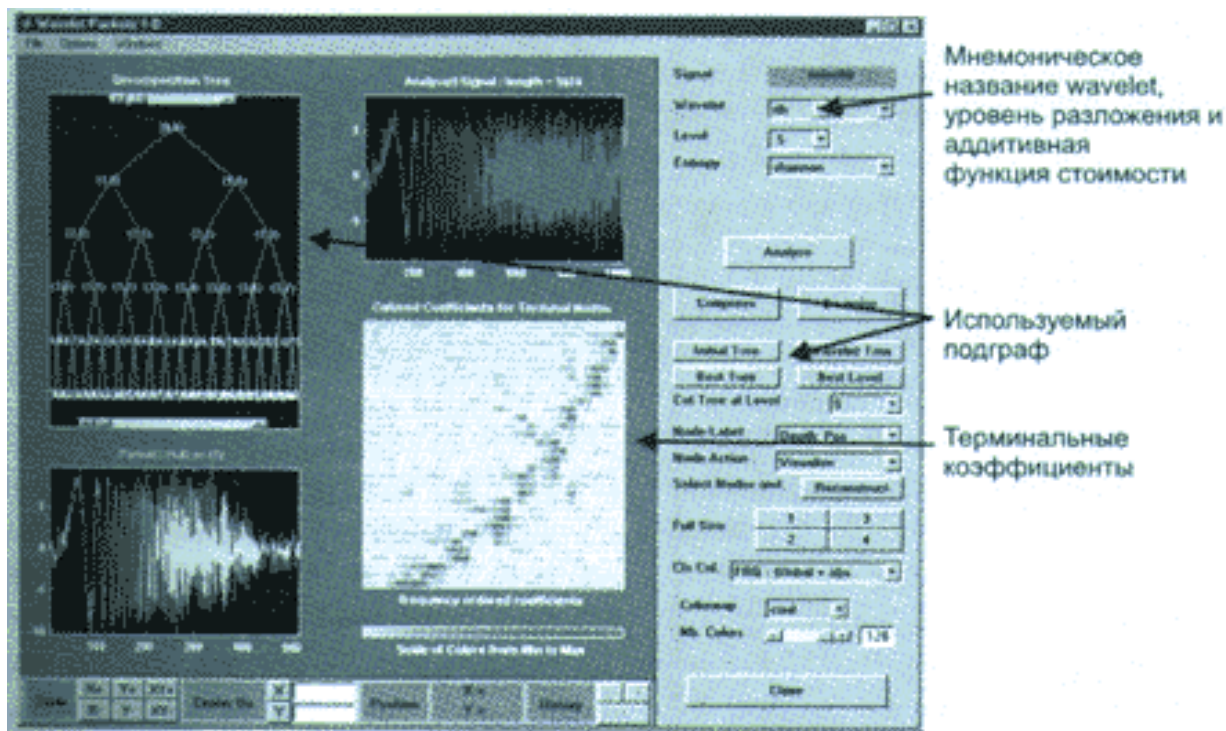


Рисунок 2 – Панель инструментов разложения одномерного сигнала по wavelet-пакету

В качестве примера для демонстрации удаления шума будем использовать все тот же сигнал

$$s(k) = 4 \sin\left(\frac{\pi k^3}{3N}\right) + e(k), \quad (3)$$

находящийся в тестовом файле "noischir.mat" (его необходимо загрузить так же, как это делалось при использовании одномерного дискретного wavelet-преобразования).

Произведем его разложение с использованием wavelet Добеши с 3-мя нулевыми моментами ('db3') до 5-го уровня, в качестве функции стоимости для поиска наилучшего подграфа будем использовать энтропию Шеннона (Shannon). Для разложения сигнала по wavelet-пакету нажмем кнопку "Analyze". Затем необходимо выбирать подграф, по которому будет производиться анализ и синтез сигнала.

Подграфы полного дерева wavelet-пакета:

Initial tree - полное бинарное дерево разложения;

Wavelet tree - стандартная схема wavelet-преобразования;

Best tree - выбирается лучшее дерево на основе заданной функции стоимости.

Для вызова инструмента очистки сигнала от шума используется кнопка "De-noise", размещенная справа, под кнопкой "Analyze". Появится окно (рисунок 3), в котором можно производить удаления шума из сигнала при разложении по wavelet-пакету.

Графики в левой части окна показывают гистограмму распределения wavelet-коэффициентов (внизу) и процент сохраненной энергии сигнала (вверху), в зависимости от выбранного порога (вертикальная пунктирная линия).

При удалении шума из сигнала необходимо задать правило модификации терминальных коэффициентов выбранного подграфа, "hard" или "soft" (Automatic hard thresholding или Automatic soft thresholding, соответственно), и порог.

При нажатии на кнопку "De-noise" происходит очистка сигнала от шума в соответствии с заданными параметрами. Очищенный от шума сигнал накладывается на исходный. Также выводятся графики wavelet-коэффициентов исходного и очищенного (синтезированного) сигнала.

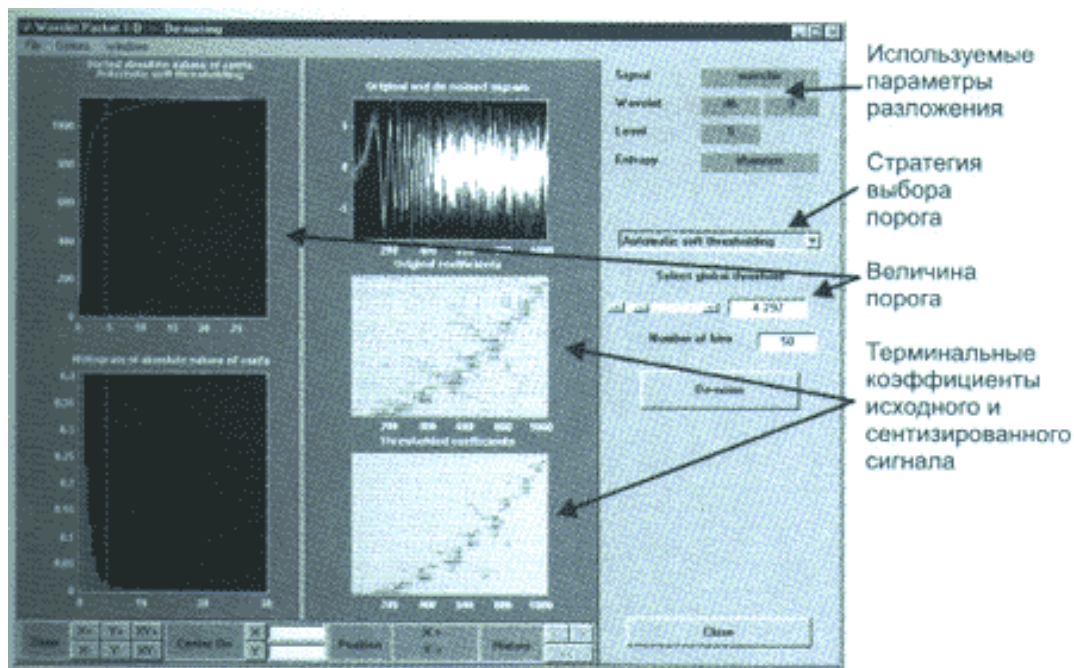


Рисунок 3 – Панель инструментов для очистки сигнала от шума при использовании разложения по wavelet-пакету

Схема сжатия сигнала при использовании разложения по wavelet-пакету такая же, как и при использовании стандартной схемы разложения: производится разложение исходного сигнала по wavelet-пакету, после чего запоминаются только те терминальные коэффициенты, которые больше заданного порога. Восстановление сигнала производится при помощи обратного преобразования, при этом пропущенные коэффициенты заменяются нулями.

Как правило, при использовании разложения по wavelet-пакету получаются лучшие результаты сжатия сигнала, чем при использовании разложения по стандартной схеме.

Для вызова инструмента сжатия сигнала при использовании разложения по wavelet-пакету (рисунок 3) следует нажать кнопку "Compress", размещенную слева под кнопкой "Analyze".

Например, при сжатии сигнала

$$s(k) = 4 \sin\left(\frac{\pi k^3}{3N}\right) + e(k), \quad (4)$$

используя разложение по wavelet-базису Добеши с 3-мя нулевыми моментами ('db3') и раскладывая сигнал до 5-го уровня с обнулением примерно 90% коэффициентов, мы получим следующие результаты.

Используемые подграфы полного дерева разложения:

- полное бинарное дерево - 87,16% сохраненной энергии;

- лучшее дерево (используя в качестве функции стоимости энтропию Шеннона) - 87,54%;

- разложение по стандартной wavelet-схеме - 59,99%.

Таким образом, при использовании разложения по wavelet-пакету при одинаковой степени сжатия мы получаем больший процент сохраненной энергии исходного сигнала, чем при использовании стандартной схемы, вычислительная сложность при этом увеличивается незначительно.

Выводы. Таким образом GUI Wavemenu является удобным инструментом для предварительного анализа сигналов с помощью wavelet-преобразования. Он имеет дружелюбный интерфейс, и с его помощью можно использовать практически все возможности тулбокса Wavelet. С помощью инструмент GUI можно демонстрировать многие важные свойства и возможности wavelet-преобразований.

ЛИТЕРАТУРА

1. Strang G., Nguyen T. Wavelets and Filters Banks. - Wellesley-Cambridge-Press 1996. - 490 p.
2. Daubechies Ingrid, Ten lectures on wavelets, SIAM, Philadelphia, 1992.
3. Петухов А.П. Введение в теорию базисов всплесков. - СПб.: Изд-во СПбГТУ. - 2009. - 132 с.
4. Michel Misiti, Yves Misiti, Georges Oppenheim, Jean-Michel Poggi. Wavelet Toolbox for use with Matlab (User's Guide, version 1). - 626 p.
5. Потемкин В.Г. MATLAB 5 для студентов – М.: Диалог-МИФИ. - 2009. - 447 с.