

H.G. ARZUMANYAN

REAL-TIME CLOCK CONFIGURATION (RTC) BY THE GPS SIGNAL IMPLEMENTED IN A FIELD-PROGRAMMABLE GATE ARRAY (FPGA)

Highly precise configuration ability and principles of real-time clock (RTC) are reconsidered. The RTC configuration software is introduced in the field-programmable gate array (FPGA), which performs data recording of RTC registers and calibration for providing high precision work.

Keywords: Real-Time Clock (RTC), GPS, highly precise configuration, register, satellite, calibration.

УДК 621.391

Б.Ф. БАДАЛЯН, О.А. ГОМЦЯН

ВЕЙВЛЕТ-РЕКОНСТРУКЦИЯ И ОЧИСТКА СИГНАЛОВ В СРЕДЕ SIMULINK

Рассматриваются теория и методы разложения произвольных функций и сигналов на основе вейвлет-преобразований. Приведены теоретические основы вейвлет-фильтрации и реконструкции. В среде SIMULINK разработана блок-диаграмма системы, реализующая вейвлет-обработку и фильтрацию от шума произвольных сложных сигналов.

Ключевые слова: вейвлет-преобразования, базисная функция, частотный образ, фильтрация шума.

Введение. В последние десятилетия для разложения произвольных непериодических сигналов с сильно локализованными изменениями все чаще применяют функции с графиком типа маленькой волны или всплеска, называемые вейвлетами. Вейвлеты — это обобщенное название функций, имеющих вид волновых пакетов той или иной формы, локализованных по оси независимой переменной (t или x) и способных к сдвигу по ней и масштабированию. Вейвлеты создаются с помощью специальных базисных функций — прототипов, задающих их вид и свойства. В сущности, вейвлеты — это новый алгоритм приближения функций и сигналов произвольной формы.

Вейвлеты имеют явные преимущества в представлении локальных особенностей сигналов по сравнению с рядами Фурье. Вейвлет-обработка сигналов обеспечивает возможность эффективного сжатия сигналов и их восстановления с минимальными потерями информации, а также решение задач фильтрации.

Основная часть. В последнее время наметилась тенденция к использованию широкополосных импульсных и цифровых сигналов (импульсная локация, видеосредства компьютеров и т.д.). Общепринятым подходом к анализу таких сигналов является их представление в виде взвешенной суммы простых составляющих — базисных функций $\psi_k(t)$, помноженных на коэффициенты C_k :

$$s(t) = \sum_k C_k \psi_k(t). \quad (1)$$

Поскольку базисные функции $\psi_k(t)$ зафиксированы как функции определенного типа, только коэффициенты C_k содержат информацию о конкретном сигнале [1]. Таким образом, можно говорить о возможности представления произвольных сигналов на основе рядов с различными базисными функциями.

Базисными функциями вейвлетов могут быть различные функции, в том числе напоминающие модулированные импульсами синусоиды, функции со скачками уровня и т.д. Это обеспечивает легкое представление сигналов с локальными особенностями наборами вейвлетов того или иного типа.

Вейвлеты характеризуются своим временным и частотным образами (рис.1). Временной образ определяется некоторой функцией времени $\psi(t)$, а частотный образ задается ее Фурье-образом $F(\omega)$, который описывает огибающую спектра вейвлета.

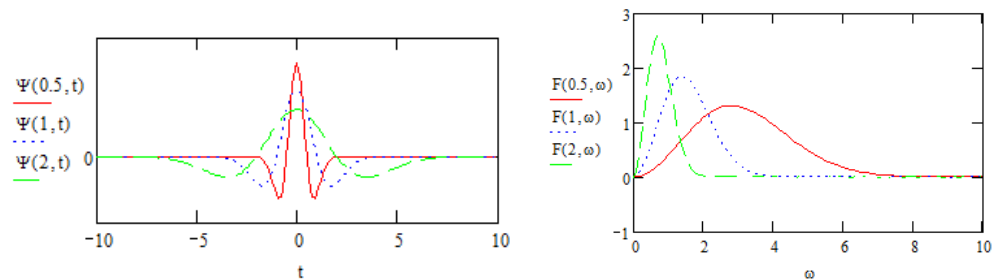


Рис. 1. Временной и частотный образы вейвлета

Основополагающая идея вейвлет-представления сигналов заключается в разбивке приближения к сигналу на две составляющие — аппроксимирующую и детализирующую, с последующим их дроблением с целью изменения уровня декомпозиции сигнала. Это возможно как во временной, так и в частотной областях представления сигналов вейвлетами.

Вейвлет-преобразование (ВП) одномерного сигнала — это его представление в виде обобщенного ряда или интеграла Фурье по системе базисных функций

$$\psi(t) = a^{-\frac{1}{2}} \psi_0\left(\frac{t-b}{a}\right), \quad (2)$$

сконструированных из материнского (исходного) вейвлета ψ_0 , обладающего определенными свойствами за счет операций сдвига во времени (b) и изменения временного масштаба (a) [2]. Итак, для разных заданных значений a и b функция $\psi(t)$ и есть вейвлет.

Прямое непрерывное вейвлет-преобразование (ПНВП) сигнала $s(t)$ задается, по аналогии с преобразованием Фурье, путем вычисления вейвлет-коэффициентов по формуле

$$C(a, b) = \int_{-\infty}^{\infty} s(t) a^{-\frac{1}{2}} \psi\left(\frac{t-b}{a}\right). \quad (3)$$

Обратное непрерывное вейвлет-преобразование (ОНВП) осуществляется по формуле реконструкции во временной области, которая в пакете MATLAB R2013a имеет вид

$$s(t) = \frac{1}{K_{\psi}} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} C(a, b) a^{-\frac{1}{2}} \psi\left(\frac{t-b}{a}\right) \frac{da db}{a^2}, \quad (4)$$

где K_{ψ} - нормирующий коэффициент.

Кратко рассмотрим частотный подход к вейвлет-преобразованиям. Согласно данному подходу, частотная область вейвлетов может быть разбита на две составляющие — низкочастотную и высокочастотную. Их частота раздела равна половине частоты дискретизации сигнала. Для их разделения достаточно использовать два фильтра — низкочастотный L_0 и высокочастотный H_1 , ко входам которых подключается сигнал s . Фильтр L_0 дает частотный образ для аппроксимации (грубого приближения) сигнала, а фильтр H_1 — для его детализации (рис.2).

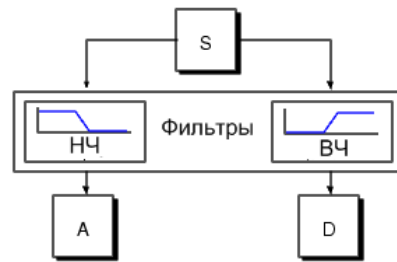


Рис. 2. Частотный подход к вейвлет-преобразованиям

Поскольку фильтры передают только половину всех частотных компонент сигнала, то не попавшие в полосу прозрачности компоненты могут быть удалены. Эта операция называется операцией децимации вдвое и обозначается как $\downarrow 2$.

В свою очередь, низкочастотный фильтр L_0 можно разложить на два фильтра и подвергнуть спектры этих новых фильтров операции прореживания по частоте — децимации. Это означает изменение уровня реконструкции. Таким образом, формируется система вейвлет-фильтров, реализующих операцию декомпозиции сигнала того или иного уровня [3].

На рис.3 приведена схема вейвлет-анализа и синтеза сигнала. Правая часть схемы осуществляет вейвлет-реконструкцию сигнала. Эта процедура использует операции интерполяции и фильтрации фильтрами реконструкции L_0 и H_1 . Операция интерполяции $2 \uparrow$, обратная децимации $\downarrow 2$, осуществляется путем увеличения в два раза числа составляющих с добавлением нулевых компонентов вперемешку с имеющимися. Если сложить полученные на выходах фильтров сигналы,

то получится исходный сигнал, т.е. будет иметь место полное восстановление сигнала на нулевом уровне декомпозиции.

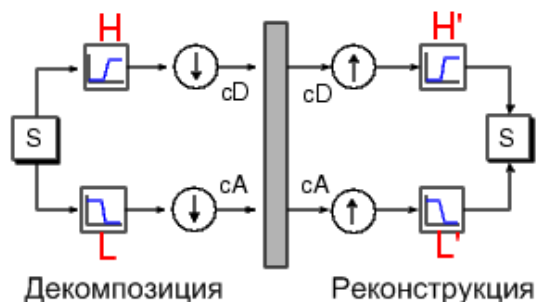


Рис. 3. Схема анализа-синтеза сигнала

Главной задачей теории вейвлет-преобразований является доказательство того, что прямое и обратное вейвлет-преобразования способны обеспечить точное или приближенное восстановление сигнала в заданном промежутке времени.

В некоторые пакеты расширения системы MATLAB введены средства вейвлет-преобразований [4]. В пакете DSP System Toolbox, предназначенном для работы совместно с пакетом блочного имитационного моделирования Simulink, есть специальные инструменты, позволяющие применять различные вейвлеты для обработки сигналов и изображений.

На рис.4 приведена блок-диаграмма системы, реализующей полную реконструкцию сигнала после прямого и обратного многоуровневого вейвлет-преобразования [5]. Модель считывает из рабочего пространства сложный сигнал — «визг» с шумами (noischir). Фильтрация осуществляется путем ограничения вейвлет-коэффициентов. Трехлучевой виртуальный осциллограф выводит осциллограммы исходного сигнала, сигнала после вейвлет-преобразований и сигнала ошибки. Первые две осциллограммы на глаз не выделяют ошибки. Малая погрешность реконструированного сигнала ясна из третьей осциллограммы.

Уже давно большое значение имеет очистка от шума нестационарных сигналов, например звуковых. Отметим, что нестационарными являются сигналы с изменяемыми во времени параметрами, например, амплитудой, частотой или фазой. В этом случае методы, основанные на использовании свойств стационарных сигналов, непригодны. С этой задачей эффективно справляются методы, основанные на применении вейвлет-преобразований.

С помощью разработанной модели можно эффективно очищать сигналы от шума. Очистка основана на ограничении числа уровней вейвлет-преобразований в зависимости от уровня вейвлет-коэффициентов. Такой вариант очистки обеспечивает меньшие искажения сигналов. На рис.5 представлены результаты обработки.

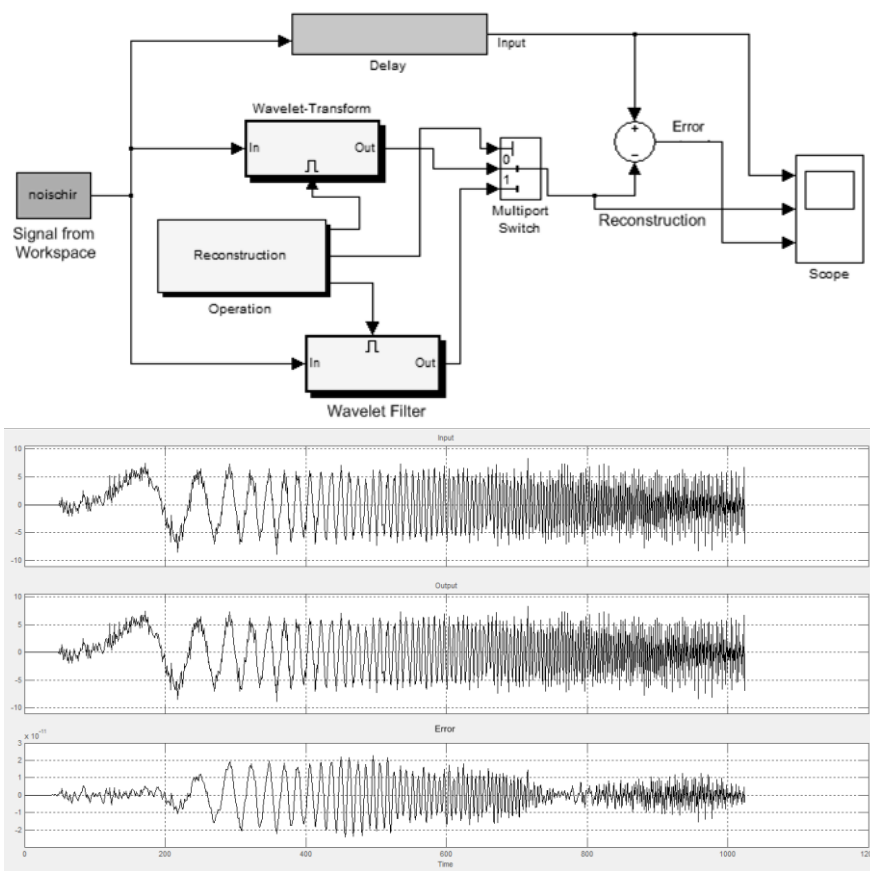


Рис. 4. Модель реконструкции сигнала после многоуровневых вейвлет-преобразований

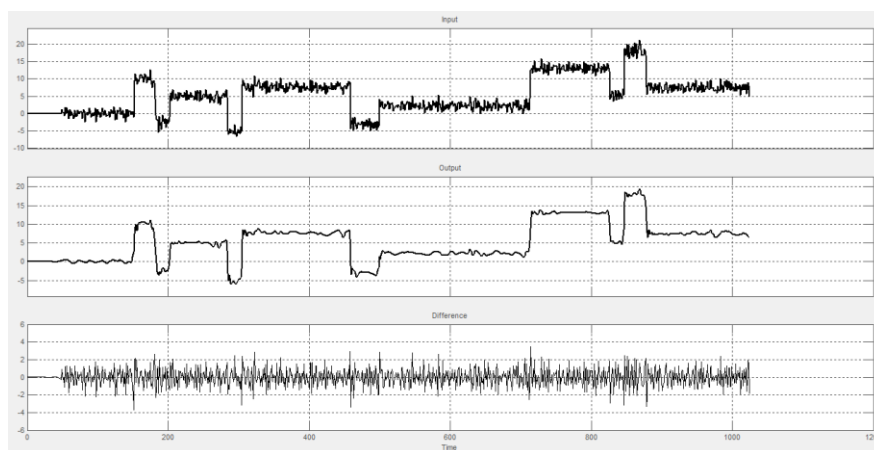


Рис. 5. Вейвлет-очистка сигнала от шума

Заклучение. С помощью разработанной модели реализуется практически идеальная реконструкция произвольного сигнала — погрешность по модулю составляет $3 \cdot 10^{-11}$. Модель вейвлет-очистки и реконструкции, на взгляд, кажется очень простой. Однако для ее реализации на практике требуются довольно сложные математические вычисления. К счастью, в наше время уже выпускаются интегральные микросхемы для вейвлет-преобразований, а сами они положены в основу нового стандарта сжатия аудио- и видеосигналов.

Работа выполнена в рамках темы “Разработка оптического детектора для дистанционного обнаружения вредных веществ”(шифр 13-2В104).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Смоленцев Н.К.** Основы теории вейвлетов. Вейвлеты в MATLAB - М.: ДМК Пресс, 2005.- 304 с.
2. **Дьяконов В.П.** Вейвлеты. От теории к практике. Издание 2-е, дополненное и переработанное. - М.: Солон-Р, 2004.- 440с.
3. **Дьяконов В.П., Абраменкова И.В.** MATLAB. Обработка сигналов и изображений: Специальный справочник.-СПб.: Питер, 2002.-608 с.
4. **Дьяконов В.П.** Simulink 5/6/7: Самоучитель. – М.: ДМК-Пресс, 2008. – 784 с.
5. **Бадалян Б.Ф., Гомцяян О. А., Егоян Г.К.** Реконструкция сложных сигналов после многоуровневого вейвлет-преобразования // Материалы 10-й Междунар. научно-технич. конференции “Современные проблемы радиотехники и телекоммуникаций” (РТ-2014).- Севастополь, 2014.- С. 238.

Բ.Ֆ. ԲԱԴՅԱԼՅԱՆ, Հ.Ա. ԳՈՄԵՅԱՆ

ԱԶԴԱՆՇԱՆՆԵՐԻ ՎԵՅՎԼԵՏ-ՎԵՐԱԿԱՆԳՆՈՒՄԸ ԵՎ ԶՏՈՒՄԸ SIMULINK ՄԻՋԱՎԱՅՐՈՒՄ

Դիտարկված են վեյվլետ-ձևափոխության հիման վրա կամայական ֆունկցիաների և ազդանշանների բաղադրման տեսությունը և մեթոդները: Ներկայացված են վեյվլետ-զտման և վերականգնման տեսական հիմունքները: Մշակված է SIMULINK միջավայրում կամայական բարդ ազդանշանների վեյվլետ-մշակում և աղմուկից զտում իրականացնող համակարգի բլոկ-դիագրամը:

Առանցքային բառեր. վեյվլետ-ձևափոխություններ, բազիսային ֆունկցիա, հաճախականային պատկեր, աղմուկի զտում:

B.F. BADALYAN, H.A. GOMTSYAN

**WAVELET RECONSTRUCTION AND FILTRATION OF SIGNALS IN THE
SIMULINK ENVIRONMENT**

The theory and methods of the arbitrary function and signal decomposition on the basis of wavelet-transforms are considered. The theoretical bases of a wavelet-filtration and reconstruction are introduced. The block-diagram of the system is developed in the environment SIMULINK carrying out wavelet-processing and filtration of the arbitrary complex signals from noise.

Keywords: wavelet transforms, basic function, frequency image, noise filtration.

ՀՏԴ 621.382

**Ս.Խ. ԽՈՒԴԱՎԵՐԴՅԱՆ, Վ.Ե. ԱՌՈՒՍՏԱՄՅԱՆ, Ժ.Գ. ԴՈՒՆԵԱՆ,
Տ.Ս. ՀՈՎՀԱՆՆԻՍՅԱՆ, Ն.Բ. ՄԵՀՐԱԲՅԱՆ**

**ՕՊՏԻԿԱԿԱՆ ՃԱՌԱԳԱՅԹԻ ՍՊԵԿՏՐԱՅԻՆ ՎԵՐԼՈՒԾՈՒԹՅՈՒՆ
ԿԻՍԱՀԱՂՈՐԴԱՅԻՆ ՖՈՏՈԴԵՏԵԿՏՈՐՈՎ**

Դիտարկվել է օպտիկական ճառագայթի սպեկտրային վերլուծության նոր կառուցվածք, և մոդելավորվել են դրանում էլեկտրոնային գործընթացները:

Առանցքային բառեր. սպեկտրային վերլուծություն, մոնիթորինգ, ֆոտոզգայնություն, ֆոտոդիոդ:

Ներածություն: Վերջին տասնամյակներում մարդու և բնության փոխհարաբերության մեջ նկատվող խզումը խորանլու միտում ունի: Օգոնային շերտի քայքայումը, թթվային անձրևները, ռադիոակտիվ աղտոտվածությունը, կլիմայի փոփոխությունը, հանքարդյունաբերությունը, տրանսպորտը, տեռորիզմը և այլն շրջակա միջավայրի վրա ազդող մարդածին հիմնական վտանգներ են: Չափազանց վտանգավոր է դառնում քաղցրահամ ջրի աղտոտվածությունը նավթարգասիքներով, ֆենոլներով, ազոտով, պեստիցիդներով, ծանր մետաղների միացություններով: Իսիստ կարևոր է իրական ժամանակում ջրի որակի և շրջակա միջավայրի լայնամաշտաբ մոնիթորինգի իրականացումը: Այդպիսի գործընթաց հնարավոր է իրականացնել փոքրաչափ, ոչ թանկ, բազմաֆունկցիոնալ առաջնային տեղեկատվության տվիչի առկայության դեպքում [1]:

[2-4] աշխատանքներում դիտարկվում են սպեկտրային ընտրողական զգայնության ստացման հնարավորությունները՝ որպես առաջնային տվիչ, զուգահեռ տեղաբաշխված ֆոտոդիոդային կառուցվածքում և ուղղաձիգ տեղաբաշխված երկարգելք համակարգում: Երկու կառուցվածքներն էլ պարունակում են Շոտկիի արգելք և n-p անցում, որոնք էլեկտրանականապես հակառակ են ուղղված: Ցույց է