



Рисунок 1 – Функциональная схема СБИС K1879XB1A

Основные характеристики микросхемы СБИС K1879XB1A (процессор):

- ядро процессора ARM1176JZF-S;
- кэш команд – 16 КБ;
- кэш данных – 16 КБ;
- сверхоперативная память команд (TCM) – 16 КБ;
- сверхоперативная память данных (TCM) – 16 КБ;
- блок управления памятью MMU;
- блок трассировки и отладки ETM11CSSingle;
- возможность байтового доступа к памяти;
- возможность невыровненного доступа к памяти;
- возможность использования Little Endian и Big Endian порядка байт.

Программное обеспечение. ПО комплекса обработки цифровых телевизионных сигналов пред-

ставляет собой прототип полного комплекта программного обеспечения ресивера цифрового телевидения. Основным назначением программного обеспечения комплекса обработки цифровых телевизионных сигналов является использования его в качестве референсного ПО и SDK для разработки управляющего ПО для серийных ресиверов.

ПО комплекса обработки цифровых телевизионных сигналов имеет многоуровневую организацию, при которой за каждым уровнем закреплена своя функциональность.

Уровень загрузчика необходим для выполнения первоначальной загрузки дистрибутива ОС Linux, предназначенного для управления комплексом обработки цифровых телевизионных сигналов. Загрузка выполняется в две фазы.

Уровень ОС предназначен для управления аппаратурой комплекса обработки цифровых телевизионных сигналов и предоставления программных интерфейсов для уровня сервисов.

Литература

1. Документация СБИС K1879XB1A [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://module.ru/upload/files/k1879hb1ya.pdf>.
2. Исходные коды загрузчика U-BOOT [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.denx.de/wiki/U-Boot/SourceCode>.
3. Керниган, Б. У., Деннис М. Ритчи Язык программирования C / Б. У. Керниган, Д. М. Ритчи. – Вильямс. – 2019 г. – 253 с.
4. Документация для средств кросс-платформенной разработки [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://crosstool-ng.org/>.

УДК 004.934.2

МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ РЕЧЕВЫХ СИГНАЛОВ

Ковыньёв Н. В.

*Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана
Москва, Российская Федерация*

Аннотация. В области цифровой обработки сигналов, обработка речи занимает разностороннее использование, из-за этого она является областью интенсивных исследований. В данной статье проведен обзор различных методов обработки речи.

Ключевые слова: обработка речевых сигналов, вейвлет преобразование, преобразование Фурье.

METHODS FOR PROCESSING SPEECH SIGNALS

Kovyniyov N.

*Bauman Moscow state technical university
Moscow, Russian Federation*

Abstract. In the field of digital signal processing, speech processing has many uses, so it is still an area of intense research. This article will provide an overview of various speech processing methods/

Key words: speech signals processing, wavelet transform, Fourier transform.

*Адрес для переписки: Ковыньёв Н. В., ул. Вторая Бауманская, 5, г. Москва 107005, Российская Федерация
e-mail: nvkovyniyov@bmsu.ru*

Обработка речевых сигналов – большая область науки, которая включает в себя следующие задачи: распознавание, фильтрация, подавление шума, определение информативных параметров.

Каждая задача решается при помощи определенных методов, которые используются в зависимости от области обработки: частотная область (в данной области методы обработки заключаются в

использовании всех отсчетов данных, которые зарегистрированы в речевом сигнале), временная область (в данной области методы обработки заключаются в определении характерных точек речевого сигнала с последующим использованием их для анализа), частотно-временная область (в данной области методы обработки заключаются в комбинированном подходе из частотных и временных областей с минимальным проявлением их недостатков).

Наиболее распространенным способом, который используется не только в речевой обработке, является преобразование Фурье в частотной (1) и временной (2) областях:

$$S(w) = \int_{-\infty}^{+\infty} s(t)e^{-jw t} dt, \quad (1)$$

$$S(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} S(w)e^{jw t} dw. \quad (2)$$

Так как речевой сигнал часто определяют в дискретном виде, как сумму гармонических составляющих сигнала, то в задачах цифровой обработки применяют дискретное (3) преобразование Фурье:

$$S(k) = \sum_{n=0}^{N-1} s(nT)e^{-jkw nT}, \quad (3)$$

где k – номер гармоники; w – частота первой гармоники; $0 < n < N$ – дискретные отсчеты времени; T – период частоты дискретизации [1].

Несмотря на широкое распространение преобразования Фурье, многие задачи обработки речевых решаются при помощи вейвлет-преобразования.

Вейвлет-преобразование задается материнским вейвлетом – функция, локализованная как во временной, так и в частотной области. Материнский вейвлет (4) подвергают воздействию двух операций: сдвиг (перемещение области во времени), масштабирование (сжатие или растяжение, иными словами локализация по частоте) [2]:

$$\Psi_{u,s}(t) = \frac{1}{\sqrt{s}} \Psi\left(\frac{t-u}{s}\right), \quad (4)$$

где u, s – параметры сдвига.

Смысл вейвлета – разбиение сигнала на масштабированные и сдвинутые по оси времени версии материнского вейвлета, вычисление коэффициентов корреляции участков исходного сигнала и версий вейвлета по заданному масштабу. В итоге получается набор коэффициентов, которые показывают близость сигнала к вейвлету определенного масштаба. Близость вида анализируемого сигнала к вейвлету указывает на большее абсолютное значение коэффициента. По сравнению с преобразованием Фурье вейвлеты имеют преимущества, так как позволяют анализировать кратковременные локальные особенности сигналов.

Известно, при преобразовании сигнала из временной области в частотную информация представляется более подробно, компактно, наглядно.

Идея данного способа заключается в замене в спектре оси частоты на ось времени, то есть можно сказать, что спектр является просто сигналом. Что позволяет представить исходную спектральную информацию более компактно, каждый гармонический ряд исходного спектра будет представлен одной составляющей в кепстре. Данные свойства спектрального представления позволяют анализировать информацию при помощи кепстра, кепстрального анализа. Кепстр – спектр логарифма спектра исходного сигнала, иными словами – первоначальный спектр представлен в логарифмическом масштабе (5):

$$C_s(q) = \frac{1}{2\pi} \int_{+\infty}^{-\infty} \ln(S(w))^2 e^{jw} dw. \quad (5)$$

Данный анализ основан на модели функционирования органов слуха человека, применяет частотную шкалу в мелах, которая моделирует частотную чувствительность человеческого уха.

Анализ с использованием линейного предсказания является одним из часто используемых в решении задач обработки речевых сигналов. Модель основана на предположении, что любой отсчет речевого сигнала можно приближенно оценить линейной комбинацией некоторого числа предшествующих ему отсчетов (6):

$$S(n) = \sum_{i=1}^p e_i s(n-1) = Gu(n), \quad (6)$$

где a_i – коэффициенты предсказания; $u(n)$ – ошибка предсказания; G – коэффициент усиления.

Ошибка предсказания определяется как разность между исходными и приближенно вычисленными (предсказанными) отсчетами (7):

$$u(n) = s(n) - \hat{s}(n) = s(n) - \sum_{k=1}^p a_k s(n-k). \quad (7)$$

Определение набора коэффициентов предсказания, минимизирующих $u(n)$ – основная задача линейного предсказания. Данный параметр можно определить при помощи автокорреляционных и ковариационными методами решения. При помощи коэффициентов предсказания определяют частотную характеристику фильтра, который характеризует состояние голосового тракта в определенный момент времени. Данные методы обеспечивают получение средней оценки анализируемого участка сигнала в частотно-временной области [3].

Корреляционный анализ является определением взаимосвязи двух или нескольких величин, либо величин, которые можно считать таковыми с некоторой степенью точности. Распространение данного метода обеспечено следующими аспектами: коэффициенты корреляции достаточно просты в подсчете, их можно применять без специальной математической подготовки. В анализе речевых сигналов применяются автокорреляционная (определяет статическую взаимосвязь

между величинами из одного речевого сигнала, разложенного в ряд, но взятых со сдвигом) (8) и взаимнокорреляционная (определяет степень корреляции двух последовательностей значений речевых сигналов, разложенных в ряды, взятых со сдвигом) (9) функции.

$$A = \int_{-\infty}^{+\infty} s(t)s(t - \tau)dt, \quad (8)$$

$$B = \int_{-\infty}^{+\infty} s_1(t)s_2(t - \tau)dt, \quad (9)$$

где $s(t)$ – речевой сигнал; τ – сдвиг во времени.

Одним из самых эффективных методов распознавания речевых сигналов является применение нейронных сетей, состоящих из нейронов и организованных между ними связей. Нейроны имеют различные связи между собой, например: аксоны – входные связи нейрона, синапсы – однонаправленные входные связи. По входным связям сигналы возбуждения или торможения передаются последующим нейронам. Каждая однонаправленная связь эквивалентна электрической проводимости. Положительные и отрицательные значения эквивалентны возбужденному или заторможенному состоянию нейрона. Сумма значений всех входов определяет текущее состояние нейрона (10):

$$s = \sum_{i=1}^n e_i w_i. \quad (10)$$

Выходы нейрона является функцией его состояния. При использовании в задачах распознавания нейронных сетей необходимо построить

определенную сеть для задачи, обучить ее множеству речевых сигналов для того, чтобы минимизировать количество ошибок [4].

Рассмотренные методы анализа речевого сигнала показывают, что для более качественного решения задач существуют различные методы, позволяющие исследовать определенные характеристики сигналов. В тоже время стоит отметить, что есть универсальные методы, которые могут давать хорошие результаты для нескольких областей сразу. Стоит отметить, что применение и обучение нейронных сетей позволяет решать задачу анализа речевых сигналов наиболее продуктивно, так как большая часть работы и проверочных действий выполняется на основе полученных знаний для нейронных сетей.

Литература

1. Алимуратов, А. К. Обзор и классификация методов обработки речевых сигналов в системах распознавания речи / А. К. Алимуратов, П. П. Чураков // Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль. – 2015. – № 2 (12). – С. 27–35.
2. Огнев, И. В. Распознавание речи методами скрытых марковских моделей в ассоциативной осцилляторной среде / И. В. Огнев, П. А. Парамонов // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. – 2013. – № 3 (27). – С. 115–126.
3. Фролов, А. В. Синтез и распознавание речи. Современные решения / Г. В. Фролов. – М.: Связь, 2003. – 216 с.
4. Козлов, А. С. Кепстральный анализ в задачах слепой оценки скорости передачи цифровых данных / А. С. Козлов, В. Н. Малышев // Радиотехника. – 2012. – № 7. – С. 67–71.

УДК 004.934.2

ОБРАБОТКА ЦИФРОВОЙ ИНФОРМАЦИИ ИСПОЛЬЗУЯ ВЕЙВЛЕТ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ Ковынёв Н. В.

*Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана
Москва, Российская Федерация*

Аннотация. Рассматриваются основные теоретические положения вейвлет-преобразования и его свойства, проблема обработки цифровых данных на основе вейвлет-преобразований.

Ключевые слова: вейвлет преобразование, дискретное вейвлет преобразование, непрерывное вейвлет преобразование, базисная вейвлет функция.

DIGITAL INFORMATION PROCESSING USING WAVELET TRANSFORMATION Kovynov N.

*Bauman Moscow state technical university
Moscow, Russian Federation*

Abstract. The main theoretical principles of wavelet transforms and its properties are considered, the problem of digital data processing based on wavelet transforms is considered.

Key words: wavelet transform, discrete wavelet transform, continuous wavelet transform, basic wavelet function.

*Адрес для переписки: Ковынёв Н. В., ул. Вторая Бауманская, 5, г. Москва 107005, Российская Федерация
e-mail: nvkovynov@bmstu.ru*

Информационные технологии широко распространены в нашей жизни, объемы обрабатываемой информации растут высокими темпами. Повышаются требования к обработке информации, ее качеству и скорости. Для уменьшения объема информа-

ции применяются способы сжатия, но необходимо, чтобы в сжатой информации хранились только важные и уникальные части, которые способствовали быстрому восстановлению информации. Существует множество способов и методов для сжатия