DOI: 10.17117/na.2015.11.03.168

<http://ucom.ru/doc/na.2015.11.03.168.pdf>

Поступила (Received): 30.11.2015

Конченков В.И., Старостина А.В. Применение ПЛИС в цифровой обработке изображений

Kontchenkov V.I., Starostina A.V.
Application of FPGA in digital image processing

Статья посвящена цифровой обработке сигналов. Описаны преимущества применения цифровых фильтров, среди которых программные отличаются гибкостью настроек и точностью преобразований. ПЛИС успешно применяются в цифровой обработке благодаря своей реконфигурируемости. Цифровая фильтрация изображений – одна из базовых операций в сфере машинного зрения, для чего успешно применяется ПЛИС

Ключевые слова: ПЛИС, цифровой фильтр, фильтр изображений

The article is devoted to the digital signal processing. Described the advantages of the use of digital filters, among them software's settings are flexible and conversion are accurate. FPGAs have been successfully used in digital processing due to its reconfigurability. Digital filtering images – one of the basic operations in the field of machine vision, which has been used successfully for the FPGA

Key words: FPGA, digital filter, image filter

Конченков Владимир Игоревич

Кандидат физико-математических наук, доцент
Волгоградский государственный технический университет
г. Волгоград, пр-т им. Ленина, 28

Kontchenkov Vladimir Igorevich

Candidate of Physical and Mathematical Sciences,
Associate Professor
Volgograd state technical university
Volgograd, Lenina ave., 28

Старостина Алина Владиславовна

Бакалавр
Волгоградский государственный технический университет
г. Волгоград, пр-т им. Ленина, 28

Starostina Alina Vladislavovna

Bachelor
Volgograd state technical university
Volgograd, Lenina ave., 28

Обработка сигналов – одна из базовых операций в науке и технике, которая используется в повышении качества звука, распознавании речи, сжатии данных, цифровой фильтрации и т.д. Цифровая обработка сигналов (ЦОС) представляет собой совокупность математических методов, алгоритмов и технических приемов, которые используются для управления сигналами после того, как они были преобразованы в цифровую форму [1]. Остановимся на цифровой фильтрации изображений. Цифровые фильтры сейчас применяются в самых различных сферах: в усреднении сигналов (например, с целью усилить подавление шума в усреднении сигналов), в дискретном преобразовании Фурье (для изменения спектра сигнала), в периодической дискретизации (для изменения частоты дискретизации). Вообще, все области, где применяется обработка сигнала, так или иначе прибегают к фильтрации.

Сосредоточимся на обработке изображений, поскольку фильтрация в этой области применяется при подготовке к полиграфическому тиражированию, при сравнении нескольких изображений, для геометрических преобразований, сжатия и, особенно, в системах машинного зрения и распознавания. Фильтрация изображений – это первый шаг на пути к распознаванию. Так, методы, позволяющие выделить на изображении нужные области, применяют какое-либо преобразование ко всем его точкам. Анализ изображения не происходит, а точки, прошедшие фильтрацию, рассматриваются как область с особыми характеристиками. Таким образом, фильтрация готовит набор данных, пригодных для обработки [2].

Выбор методов преобразований основывается на результатах исследования различных свойств изображений. Поскольку многие современные методы анализа изображений основаны на учете свойств изображений в области пространственных частот (ПЧ), то представляется целесообразным провести исследование свойств различных типов изображений, используя процедуры субполосного анализа [2]. При применении методов субполосного анализа предполагается, что область нормированных ПЧ разбита на непересекающиеся подобласти. Анализ распределения значений долей энергий изображений по заданным подобластям ПЧ позволяет подобрать границы подобластей ПЧ таких, что при наименьшей суммарной площади в них была бы сосредоточена подавляющая доля энергии анализируемого изображения.

Для исследования целесообразности использования отдельных субполосных свойств изображений при выборе методов их обработки в [2] были проведены вычислительные эксперименты: так, с изменением резкости/размытости изображения меняется количество его подобластей, значения их долей энергии и ряд других признаков, по которым можно судить об изображении.

Анализ изображений с использованием частотных представлений также обусловлен тем, что в большинстве изображений имеет место периодичность объектов (соответственно, и их свойств), за счет чего можно оценить энергию отдельных компонент изображения, обнаружить шумы и произвести фильтрацию по диапазону частот.

Преимуществом программных фильтров перед аппаратными является более высокая точность преобразования сигнала, прежде всего, в связи с использованием расчетов с плавающей точкой, а также относительная простота реализации, настройки, изменений. Недостатком таких фильтров является необходимость использовать либо процессоры общего назначения, что приводит к сравнительно большому энергопотреблению, либо специальные сигнальные процессоры, что связано с трудностями освоения специфических вычислительных архитектур и высокой ценой отладочного стенда. Аппаратные фильтры трудно разрабатывать и модифицировать, но именно такие устройства при надлежащем проектировании позволяют обеспечить наиболее эффективную обработку сигналов [3]. Компромиссным вариантом является использование фильтров на основе программируемых логических интегральных схем (ПЛИС): разработчик описывает структуру фильтра на языке логических элементов, но нет необходимости проектировать и собирать разные печатные платы для разных случаев.

В отличие от обычных цифровых микросхем, логика работы ПЛИС не определяется при изготовлении, а задаётся программированием [4]. Таким образом, в ПЛИС можно организовать алгоритмы цифровой обработки на аппаратном (схемном) уровне. При этом важнейшим плюсом является быстрое преобразование одной конфигурации цифровой схемы в другую (замена кода конфигурации схемы в памяти).

Широкая применимость ПЛИС дала основание для разработки цифрового фильтра с её использованием. В магистерской диссертации будет реализована программа обработки изображения на ПЛИС. Рисунок будет загружаться на схему, где к нему будет применен цифровой фильтр и в результате будет получено обработанное изображение. Планируется использовать отладочный стенд Altera DE2-115, обладающий развитой периферией и достаточно мощной ПЛИС серии Cyclone IV E. Особенностью этого устройства является наличие аппаратно реализованных модулей умножения с накоплением высокой разрядности, необходимых для сборки фильтров с конечной импульсной характеристикой (КИХ). В настоящий момент разработаны прототип системы загрузки данных, включающий в себя модуль UART, модуль управления двухстрочным 16-символьным жидкокристаллическим дисплеем (для вывода диагностических сообщений), модуль оперативной памяти, описанные на языке Verilog, а также несколько реализаций КИХ-фильтров, проверенных на тестовых наборах данных. Планируется дополнить систему USB-интерфейсом, реализовать программу-терминал для обмена данными с ПК. Следует отметить, что стенд DE2-115, дополненный специальной камерой, с успехом применялся в задачах цифровой обработки изображений в работах [5, 6]. Разрабатывается модель фильтра на системном уровне. Выбирается тип фильтра, рассчитывается порядок и квантование коэффициентов. Далее фильтр реализуется на языке описания аппаратуры (планируется использовать Verilog). Результат здесь – .sof-файл, представляющий собой конфигурацию микросхемы, загружаемая в стенд по интерфейсу JTAG.

ПЛИС достигли высокого уровня развития, что ставит их в конкуренцию с традиционным применением интегральных схем в плане производительности, энергопотребления, стоимости. Увеличивается число логических ячеек, добавляются новые возможности. Кроме того, ПЛИС позволяют реализовать параллельные алгоритмы для обработки данных. Оптимальная реализация таких алгоритмов и использованием возможностей ПЛИС предполагает широкую область исследований в ближайшем будущем.

Список используемых источников:

1. Тепин В.П., Тепин А.В. Программируемые цифровые фильтры: синтез законов управления передаточной функцией // Известия ЮФУ. Технические науки. 2011. №1(114). С. 50-57.
2. Жияков Е.Г., Черноморец А.А., Белов А.С., Болгова Е.В. О субполосных свойствах изображений // Научные ведомости Белгородского Государственного Университета. 2013. №8(151). С. 175- 194.
3. Andreev A., Egunov V., Zharikov D., Shapovalov O., Artuh S., Doukhnitch E. Evaluation of hardware implementations of cordic-like algorithms in fpga using opencl kernels // Communications in Computer and Information Science. 2014. Vol. 466. P. 228-242.
4. Плотников П.В. Повышение эффективности реализации цифровых фильтров в ПЛИС // Проблемы разработки перспективных микро- и наноэлектронных систем (мэс). 2006. № 1. С. 333-338.

5. Lim Y. K., Kleeman L., Drummond T. *Algorithmic methodologies for FPGA-based vision // Machine Vision and Applications*. 2013 Vol. 24. P. 1197–1211.
6. García G.J., Jara C.A., Pomares J, Alabdo A., Poggi L.M., Torres F.A *Survey on FPGA-Based Sensor Systems: Towards Intelligent and Reconfigurable Low-Power Sensors for Computer Vision, Control and Signal Processing*. *Sensors*. 2014. P. 6247-6278.

© 2015, Конченков В.И., Старостина А.В.
 Применение ПЛИС в цифровой обработке
 изображений

© 2015, Kontchenkov V.I., Starostina A.V.
Application of FPGA in digital image processing