

РАДИОТЕХНИКА, ЭЛЕКТРИКА И СВЯЗЬ

УДК 004.932.4

А. О. Иванов – студент кафедры электронных и телевизионных систем

В. М. Смирнов (канд. техн. наук, доц.) – научный руководитель

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ УСТРАНЕНИЯ ВЛИЯНИЯ ИМПУЛЬСНЫХ ШУМОВ НА ИЗОБРАЖЕНИЯ

Основной целью статьи является сравнение методов фильтрации для решения задач цифровой обработки изображений. Обычно изображения, сформированные различными информационными системами, искажаются действием помех. Причинами возникновения шума на изображении могут быть сбои в работе канала связи, шум видео-датчика, дефект пленки и др. Фундаментальной проблемой в области обработки изображений является эффективное удаление шума. Сложность решения данной задачи существенно зависит от рассматриваемой модели шума. Анализ научно-технической литературы показывает, что наибольший интерес с точки зрения использования в практических задачах представляют модели аддитивного гауссовского и импульсного шума. В данной работе будут рассмотрены несколько видов импульсного шума:

- 1) импульсный шум со случайным значением импульсов, равномерное распределение;
- 2) импульсный шум со случайным значением импульсов, гауссовское распределение;
- 3) импульсный шум «соль-и-перец».

Импульсный шум характеризуется заменой части пикселей на изображении значениями фиксированной или случайной величины. Такая модель шума связана, например, с ошибками при передаче изображений. Изображение представляет собой двумерную функцию пространственных координат, которая изменяется по этим координатам медленнее (иногда значительно медленнее), чем помеха, также являющаяся двумерной функцией. Это позволяет при оценке полезного сигнала в каждой точке кадра принять во внимание некоторое множество соседних точек, воспользовавшись определенной схожестью сигнала в этих точках. В других случаях, наоборот, признаком полезного сигнала являются резкие перепады яркости. Однако, как правило, частота этих перепадов относительно невелика, так что на значительных промежутках между ними сигнал либо постоянен, либо изменяется медленно. Таким образом, идеология фильтрации основывается на рациональном использовании данных, как из рабочей точки, так и из ее окрестности. Задача заключается в том, чтобы найти такую рациональную вычислительную процедуру, которая позволяла бы достигать наилучших результатов.

На рис. 1 показано исходное незашумленное изображение. В качестве сравнительных критериев работы алгоритмов фильтрации будем рассматривать:

– пиковое отношение сигнал/шум (ПОСШ) и среднеквадратичная ошибка (СКО):

$$\text{СКО} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - y_i)^2, \quad \text{ПОСШ} = 20 \log_{10} \left(\frac{255}{\sqrt{\text{СКО}}} \right),$$



Рис. 1

где x_i и y_i – значения пикселей исходного и восстановленного изображений соответственно;

– универсальный индекс качества (УИК) ($-1 < \text{УИК} < 1$);

– относительное время работы (за единицу принималось время работы классического медианного фильтра с маской 3×3).

Линейные фильтры представляют собой семейство фильтров, имеющих очень простое математическое описание. Вместе с тем они позволяют добиться самых разнообразных эффектов. Одним из известных вариантов линейной фильтрации изображений является фильтр Винера. Его применение связано с предположением о стационарности изображения. Поскольку наличие краев изображения слу-

жит нарушением стационарности, то винеровская фильтрация, не является строго оптимальной. Однако при размерах кадра, значительно превышающих интервал корреляции изображения, влияние границ является малым. Эти соображения служат важным стимулом к применению винеровской фильтрации для борьбы с шумом. Технически фильтр Винера реализуется при помощи дискретного преобразования Фурье в частотной области.

Все линейные алгоритмы фильтрации приводят к сглаживанию резких перепадов яркости изображений, прошедших обработку. Линейные процедуры считаются оптимальными при гауссовском распределении сигналов, помех и наблюдаемых данных. Реальные изображения, строго говоря, не подчиняются данному распределению вероятностей. Медианная фильтрация изображений наиболее эффективна, если шум на изображении имеет импульсный характер и представляет собой ограниченный набор пиковых значений на фоне нулей. В результате применения медианного фильтра наклонные участки и резкие перепады значений яркости на изображениях не изменяются. Это очень полезное свойство именно для изображений, на которых контуры несут основную информацию. Для каждого пикселя в некотором его окружении (окне) ищется медианное значение и присваивается этому пикселю. Определение медианного значения строится следующим образом, если массив пикселей отсортировать по их значению, медианой будет серединный элемент этого массива. Размер окна соответственно должен быть нечетным, чтобы этот серединный элемент существовал. Медиану можно определить формулой:

$$Med = \arg \min \sum_{i \in W} \sum_{j \in W} |f_i - f_j|,$$

где w – множество пикселей, среди которых ищется медиана, а f_i, f_j – значения яркостей этих пикселей.

При медианной фильтрации зашумленных изображений степень сглаживания контуров объектов напрямую зависит от размеров апертуры фильтра и формы маски. При малых размерах апертуры лучше сохраняются контрастные детали изображения, но в меньшей степени подавляются импульсные шумы. При больших размерах апертуры наблюдается обратная картина. Оптимальный выбор формы сглаживающей апертуры зависит от специфики решаемой задачи и формы объектов.



Рис. 2

В первой строке рис. 2 по столбцам слева направо следуют изображения:

- с импульсным шумом со случайным значением импульсов, равномерное распределение;
- с импульсным шумом со случайным значением импульсов, гауссовское распределение;
- с импульсным шумом «соль-и-перец», с постоянным распределением импульсов.

Результаты сравнения работы фильтров приведены ниже (рис. 2), по строкам 2–5 последовательно использованы следующие примененные алгоритмы:

- линейный фильтр Винера;
- медианный фильтр с маской 3×3;
- адаптивный медианный фильтр с максимальным размером маски 9×9;
- прогрессивный переключающийся медианный фильтр;
- медианный фильтр с простым детектором.

В табл. 1 показаны результаты ПОСШ и УИК для каждого изображения и фильтра.

Таблица 1

Вид шума	Импульсный шум со случайным значением импульсов, равномерное распределение (P=0,15)			Импульсный шум со случайным значением импульсов, гауссовское распределение (NP=0,15 M=128 SP=10)			Импульсный шум «соль-и-перец» (NP=0,15)		
	ПОСШ, дБ	УИК	Относительное время работы, мс	ПОСШ, дБ	УИК	Относительное время работы, мс	ПОСШ, дБ	УИК	Относительное время работы, мс
Зашумленное изображение	17,28	0,24	-	22,44	0,5	-	13,44	0,13	-
Линейный фильтр	17,33	0,24	489	22,54	0,5	433	13,47	0,13	486
Медианный фильтр (3×3)	29,03	0,56	265	28,01	0,54	249	28,54	0,56	265
Адаптивный медианный фильтр (9×9)	24,1	0,57	374	25,48	0,59	359	32,95	0,83	375
Прогрессивный переключающийся медианный фильтр	29,08	0,84	453	28,01	0,77	437	29,71	0,89	453
Медианный фильтр с простым детектором	17,36	0,25	16	22,43	0,5	31	34,63	0,93	125

Исходя из полученных данных и визуальной оценки отфильтрованных изображений, можно сделать выводы:

- линейный фильтр Винера не справился с фильтрацией импульсных шумов (ПОСШ-зашумление изображения возросло лишь на 1%);
- по сравнительным показателям и визуальной оценке качества изображения одинаково нормально справился с удалением всех шумов обычный медианный фильтр с апертурой 3×3 (ПОСШ ≈ 28,5 дБ) и прогрессивный переключающийся медианный фильтр (ПОСШ ≈ 28,9 дБ);
- для восстановления изображения, поврежденного импульсным шумом с постоянным значением импульсов, предпочтительней использовать медианный фильтр с простым детектором (ПОСШ = 34,63 дБ) и адаптивный медианный фильтр (ПОСШ = 32,95 дБ);
- для восстановления изображения, поврежденного импульсным шумом со случайным значением импульсов, предпочтительней использовать прогрессивный переключающийся медианный фильтр (ПОСШ = 29,08 дБ).

Таким образом, подытожив результаты работы фильтров применительно к разным видам импульсных шумов, можно сделать заключение, что задача удаления импульсного

шума в полной мере не была решена ни одним из указанных фильтров. Таким образом, анализ известных алгоритмов на основе ранговой статистики позволил сформулировать основную задачу: разработать фильтр, позволяющий одинаково хорошо и оптимально удалять различный вид импульсного шума из изображения..

Библиографический список

1. Грузман И. С., Киричук В. С., Косых В. П., Перетягин Г. И., Спектор А. А. цифровая обработка изображений в информационных системах: Учебн. пособие. Новосибирск: НГТУ, 2000. 168 с.
2. Приоров А. Л., Апальков И. В., Бухтояров С. С., Хрящев В. В. Переключающийся медианный фильтр с блоком предварительного детектирования // Цифровая обработка сигналов.
3. Антонью А. Цифровые фильтры: анализ и проектирование. М.: Радио и связь, 1983.
4. Давыдов А. В. Цифровая обработка сигналов: Тематические лекции / Екатеринбург: УГГУ, ИГИГ, кафедра геоинформатики, 2007 / <http://www.prodav.narod.ru/dsp/index.html>
5. http://www.conf-ulstu.ru/dsp_2.php
6. <http://cgm.computergraphics.ru/content/view/74>

УДК 007.51

А. С. Туйешиев – магистрант кафедры электронных и телевизионных систем
П. Н. Петров (д-р техн. наук, проф.) – научный руководитель

КОНТРОЛЬ ПАРАМЕТРОВ ЦИФРОВЫХ ТЕЛЕВИЗИОННЫХ СИГНАЛОВ

Современная цифровая система телевизионного вещания представляет собой сложную комплексную информационную систему открытого типа с передачей телевизионных сигналов в различной форме. Необходимый уровень качественного функционирования данной системы обеспечивается общим и повзненным метрологическим контролем параметров цифровых телевизионных сигналов.

Согласно ГОСТ Р 52592-2006 перечень средств измерений и технологического оборудования, применяемых при измерении параметров тракта передачи сигналов цифрового телевидения и его звеньев включает [2]:

- 1) генератор цифровых испытательных телевизионных сигналов типа Г-420;
- 2) анализатор транспортного потока АТП-1;
- 3) анализатор телевизионный мониторинговый АТМ-2;
- 4) осциллограф широкополосный (с полосой пропускания свыше 1000 МГц);
- 5) кодер сжатия цифрового потока DVB/MPEG-2 ЦТВ-К;
- 6) декодер сжатого цифрового потока DVB/MPEG-2 ЦТВ-ПДК;
- 7) измеритель параметров звукового канала ИЗК;
- 8) кодер-декодер звуковых сигналов Рабита-4К;
- 9) измеритель временного расогласования ИВР-1;
- 10) цифровой измерительный телевизионный приемник.

Схема проведения измерений параметров цифрового транспортного потока (ЦТП) приведена на рис. 1.

Генераторы телевизионных испытательных сигналов предназначен-

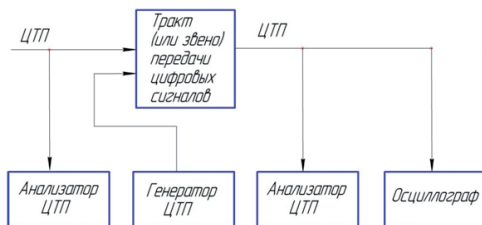


Рис. 1. Схема проведения измерения параметров цифрового транспортного потока (ЦТП)

ны для измерения основных показателей качества телевизионных трактов, линий связи, радиопередающих телевизионных станций, трактов аппаратно-студийных комплексов, а также при производстве различной телевизионной аппаратуры.

В качестве примера можно привести отечественный генератор цифровых телевизионных испытательных сигналов Г-420, который применяется для контроля параметров цифровых систем телевизионного вещания, использующих сжатие цифровых потоков в соответствии со стандартами ISO/IEC 13818 (MPEG 2) и H.264/AVC (MPEG 4), удовлетворяющих требованиям европейских стандартов DVB. Также генератор используется для проверки работоспособности DVB, кодирующих устройств видео по сигналам в формате SDI, кодирующих устройств звука MPEG-2, декодирующих устройств MPEG-2, цифровых линий связи и спутниковых каналов. Генератор позволяет реализовать испытательные сигналы, рекомендованные в ГОСТ Р 52592-2006, для оценки параметров канала передачи сигналов цветности в составе измерительной таблицы.

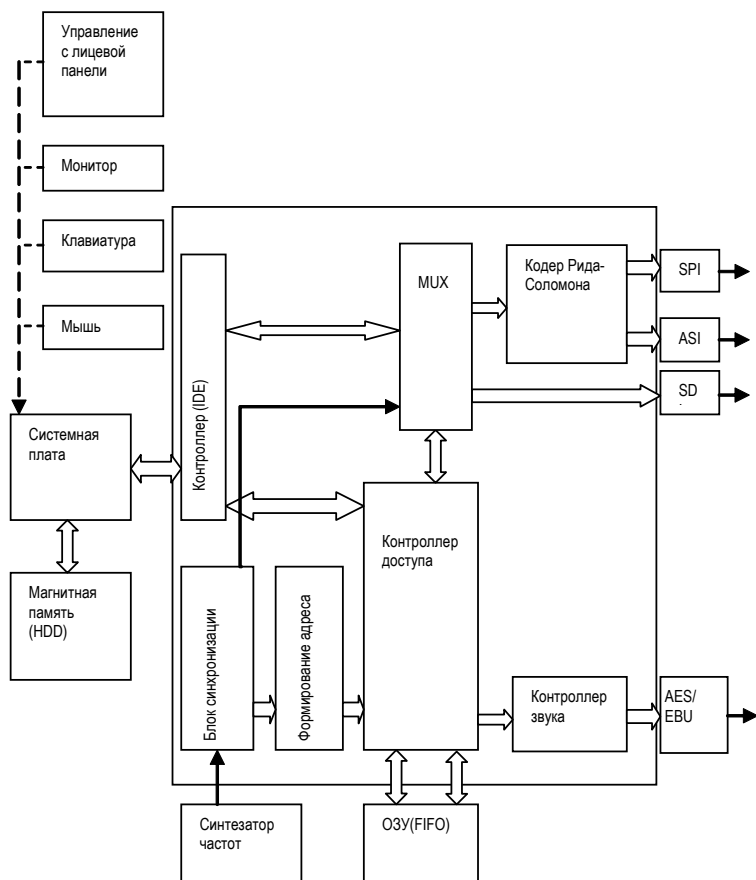


Рис. 2. Структурная схема генератора цифровых телевизионных сигналов

Структурная схема генератора цифровых испытательных сигналов приведена на рис. 2. В состав генератора входят: плата формирования, системная плата, HDD (жесткий диск), блок питания, устройства управления. В качестве устройства управления могут использоваться: мышь, клавиатура. Также управление может осуществляться с лицевой панели с помощью кнопочной клавиатуры.

В магнитной памяти хранятся испытательные сигналы. При включении генератора испытательные сигналы загружаются в оперативную память системной платы. При выборе пользователем тестового сигнала с помощью клавиш на лицевой панели, происходит подача на плату формирователя начального адреса, находящегося в оперативной памяти, размер сигнала и команду на начало считывания. После чего контроллер доступа на ПЛИС циклически считывает сигнал из оперативной памяти системной платы и выдает его на свои интерфейсы.

Сформулируем требования к генератору цифровых телевизионных испытательных сигналов.

- При испытаниях систем со сжатием потока весьма важно обеспечение точности, надежности и повторяемости данных. Генератор должен имитировать работу идеального кодера сжатия, на вход которого поступает закольцованный фрагмент видеопрограммы. Идеальность здесь означает, что при следующем прогоне кольца все биты воспроизводимого потока остаются неизменными. Реальные кодеры сжатия практически не способны обеспечить подобную повторяемость. Кроме того, генератор должен формировать транспортные потоки, содержащие тестовые видео- и аудиосигналы.

- Транспортные эталонные потоки цифровых данных, формируемые генератором, должны соответствовать стандарту ISO/IEC 13818-1:2000(E).

- Каждый транспортный поток должен включать в себя элементарные потоки видеоданных, аудиоданных и данных дополнительной информации в виде транспортных пакетов. Длина каждого транспортного пакета должна составлять 188 байтов. Каждый транспортный пакет должен иметь заголовок с длительностью 4 байта. Для синхронизации аппаратуры канального кодирования должна быть сформирована стартовая синхрогруппа, передаваемая 8-разрядным кодовым словом в первом байте заголовка пакета. Кроме того, каждый транспортный пакет должен иметь программный идентификатор (PID).

- Тестовые видеосигналы, содержащиеся в транспортных потоках, должны включать в себя как статические, так и динамические элементы изображения.

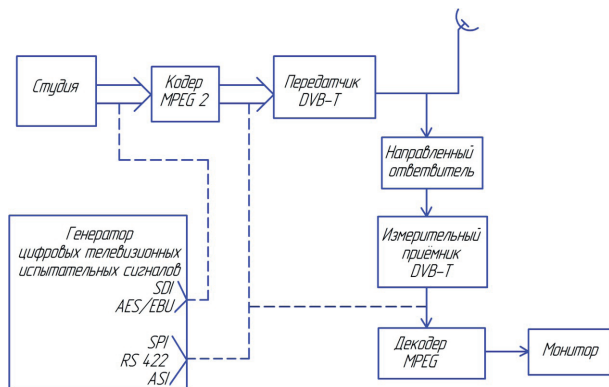


Рис.3. Схема возможного подключения генератора в тракте наземного цифрового вещательного телевидения системы DVB-T

– Генератор должен иметь режим введения калиброванного джиттера в цифровой поток и возможность изменения скорости цифрового потока.

– Генератор должен обеспечивать стыковку с аппаратурой, имеющей интерфейсы в соответствии со стандартом DVB-T.

Цифровое телевидение в России находится в процессе развития. Как и любой новый вид передачи информации, цифровое телевидение должно пройти определенные стадии своего развития. В качестве одной из таких стадий необходимо выделить разработку контрольно-измерительной аппаратуры. Одним из таких приборов является генератор цифровых телевизионных испытательных сигналов. Для того чтобы генератор являлся измерительным прибором, испытательные сигналы, формируемые им, должны полностью отвечать требованиям стандарта DVB.

Разработка комплекса контроля сигналов цифровых телевизионных систем шла по пути выбора необходимого и достаточного оборудования, создания алгоритмов взаимодействия всех блоков. Формирование транспортного потока генератора, определение вида испытательных сигналов и конкретного метода контроля выходных параметров, выполняется с помощью соответствующего программного обеспечения. Апробация комплекса показала универсальность предложенной структуры адаптивно решать поставленную задачу, меняя, например, методику измерения.

Библиографический список

1. ISO/IEC 13818-1:2000(E), Information technology – Generic coding of moving pictures and associated audio information – Part 1: Systems.
2. ГОСТ Р 52592-2006 Национальный стандарт Российской Федерации «Тракт передачи сигналов цифрового вещательного телевидения, звенья тракта и измерительные сигналы»/
3. ITU-T RECOMMENDATION H.222.0 Information technology – Generic coding of moving pictures and associated audio information: systems, 2000
4. Смирнов А. В. Основы цифрового телевидения. М: Телеком, 2001. 224 с.