

1970.11

Л. Н. ЩЕЛОВАНОВ, Л. А. ШЕЛУТКО, А. В. КОЛЕСОВА,
Е. М. ДОРОНИН, Ю. В. ТАРАСОВ

ОБ ОДНОМ МЕТОДЕ ПОДАВЛЕНИЯ ПОМЕХ В ВИДЕОСИГНАЛЕ

Изображение, пораженное помехами, имеет низкое качество и зачастую непригодно для получения необходимой информации. Если изображение имеет большую ценность и повторно его получить невозможно, то встает задача об улучшении его качества путем подавления помех в видеосигнале. Подразумевается, что видеосигнал предварительно записан на магнитную ленту или производится непосредственный прием сигнала.

Методы подавления помех на изображении основаны на том факте, что между элементами изображения имеются сильные корреляционные связи (межэлементные, межстрочные, межкадровые), а помехи слабо коррелированы, причем степень корреляции в различных направлениях различная (вдоль строк помехи коррелированы сильнее, чем поперек строк).

Вопросам, связанным с обработкой изображения, посвящено значительное количество работ [1—4]. В данной работе не ставится задачи рассмотреть общие вопросы теории подавления помех, а описан лишь один из способов, хорошо зарекомендовавший себя на практике. Дана методика машинной обработки и приведены результаты обработки.

Рассматриваемый метод разработан для подавления в основном импульсных помех, но он так же успешно устраняет и флюктуационные помехи. Рассмотрим отдельно аппаратный и машинный алгоритмы обработки.

Учитывая сильные межстрочные корреляционные связи в изображении и слабую корреляцию между импульсами помех, можно отделить помехи от сигнала последующей строки зашумленного видеосигнала предыдущей строки. В результате такой операции получается «разностная строка» — смесь импульсов помех двух соседних строк (второй и первой, третьей и второй и т. д.). Далее задача сводится к тому, чтобы из смеси помех соседних строк выделить помехи одной строки. Это можно сделать, если учесть, что в смежных разностях будут присутствовать помехи одной и той же строки. Например, в первой и второй разностях присутствуют помехи второй строки, во второй и третьей разностях — помехи третьей строки и т. д.

При составлении алгоритма выделения помех одной строки следует иметь в виду, что амплитуды помех различные. Поэтому сначала производится ограничение на уровне наименьших амплитуд, а затем, учитывая наличие одинаковых составляющих в соседних разностях, путем несложных логических операций можно выделить импульсы помех соответствующих

строк (третьей, четвертой и т. д.) с одинаковыми амплитудами. Эти импульсы выполняют роль импульсов-координат, необходимых для выделения импульсов помех.

Выделенные импульсы помех затем вычитаются из зашумленного видеосигнала, что приводит к значительному уменьшению помех на изображении. Логическая схема алгоритма обработки изображена на рис. 1. На схеме показана последовательность получения импульсов — координат, импульсов помех и очищенного от помех видеосигнала.

Для иллюстрации работы алгоритма подавления помех на рис. 2 изображены временные диаграммы, поясняющие последовательность выделения соответствующих импульсов, а на рис. 3 — блок-схема устройства подавления помех, реализующая логику обработки видеосигнала.

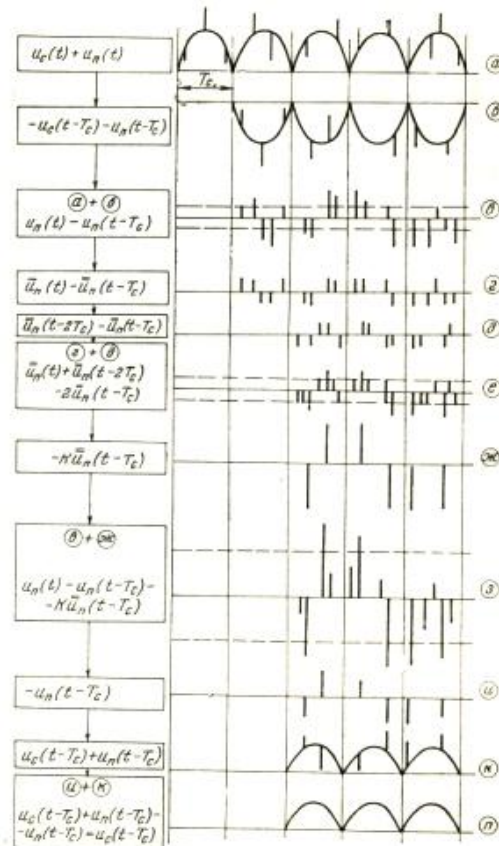


Рис. 1

Рис. 2

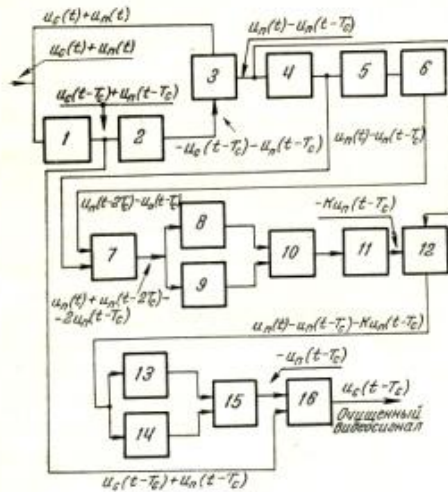


Рис. 3:
1; 5 — устройство задержки на 1 строку (T_c);
2; 6 — фазоинвертор (на 180°); 3; 7; 10; 12; 15;
16 — сумматор; 14 — двусторонний ограничитель; 8; 13 — ограничитель сверху; 9; 14 — ограничитель снизу; 11 — усилитель

Следует указать, что для аппаратной реализации рассмотренного алгоритма необходимо иметь широкополосные линии задержки на время, равное длительности одной строки ($\tau_s = T_c$). Практически создать такие линии задержки тем проще, чем меньше длительность T_c , т. е. для многокадровых систем. Для однокадровых систем, когда длительность строки большая (порядка 1 сек), аппаратная реализация алгоритма аналоговым методом рис. 3 затруднена. В этом случае целесообразно для целей обработки видеосигнала использовать ЦВМ. Схема соединения отдельных устройств, обеспечивающих обработку видеосигнала на универсальных ЦВМ, изображена на рис. 4.

Обработка дискретизированного видеосигнала на ЦВМ по рассмотренному выше алгоритму позволяет исключить ряд преобразований, которым подвергается видеосигнал при обработке аппаратным методом. В аппаратном методе большая часть операций над помехами проводится для того, чтобы найти координаты помех $U_{II}(t) - U_{II}(t - T_c)$, равноотстоящих от

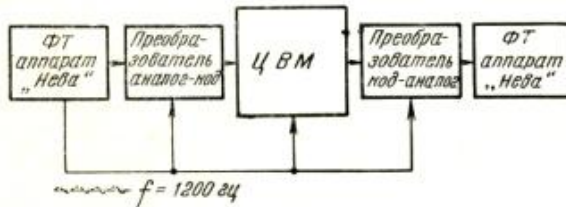


Рис. 4

начала разностных строк. При машинной реализации алгоритма эта задача может быть решена путем последовательного перебора значений помех в разностных строках и сравнения перебираемых значений между собой. Например, если во второй строке обрабатываемого видеосигнала имеется помеха, то она присутствует с противоположными знаками в двух разностных строках 2—1 и 3—2, причем координаты местоположения этой помехи относительно начала разностных строк равны. Далее, помеха, найденная в результате перебора и сравнения, вычитается из напряжения зашумленного видеосигнала.

Перед началом перебора и сравнения массив помех разностных строк целесообразно преобразовать к виду, облегчающему машинную обработку информации.



Рис. 5

Сначала необходимо произвести «сортировку» массива помех разностных строк, т. е. отделить помехи в этом массиве от сигнала. Возможность «сортировки» объясняется тем, что из-за наличия сильных корреляционных связей сигналов соседних строк в разностных строках значение помехи намного больше значения сигнала. После «сортировки» получаем массив меток. Метка в массиве указывает адрес помехи в разностной строке. Значение помехи, записанное по этому адресу, вычитается из исходного сигнала.

На рис. 5 показана блок-схема программы подавления помех на изображении, информация о котором записана на НМЛ (накопитель на магнитной ленте).

При этом приняты обозначения: $A_{i,j}$ — величина напряжения j -го элемента i -ой строки исходного видеосигнала; $B_{[i,i+1],j} = A_{i,j} - A_{i+1,j}$ — разность напряжений j -ых элементов $i+1$ и i строк (j -ый элемент разностной строки $[(i+1)-i]$); m — количество строк, переписываемых с НМЛ в МОЗУ для одного цикла обработки; n — количество элементов в строке; $C_{[i,i+1],j}$ — j -ая метка разностной строки $[(i+1)-i]$.

$$C_{[i,i+1],j} = \begin{cases} 0, & \text{если } B_{[i,i+1],j} < S \\ 1, & \text{если } B_{[i,i+1],j} \geq S, \end{cases}$$

где S — порог сортировки; $P'_{i,j}$ — амплитуда обнаруженной помехи, поразившей j -ый элемент i -ой строки; $A'_{i,j}$ — величина напряжения j -го элемента i -ой строки изображения после компенсации помехи.

Величина m задается, исходя из емкости оперативной памяти и количества элементов в строке n , которое определяется длиной строки и частотой дискретизации.

Для определения эффективности описанного метода подавления помех на ЦВМ и сравнения его с другими методами моделировались импульсные помехи, которыми заполнялось поле помех. Последнее представляет собой массив информации в памяти машины, содержащий сведения о времени появления очередной помехи, ее амплитуде P и длительности Δ . При этом принималось, что все три параметра распределены случайным образом по нормальному закону. Интервалы между помехами τ и их длительность представлялись числом элементов изображения.

Дискретизированная информация об изображении без помех вводилась в ЦВМ «Минск-22» в режиме «перекачки», позволяющем осуществить ввод (вывод) в один из блоков МОЗУ с одновременной записью (чтением) содержимого другого блока МОЗУ на НМЛ. В результате все изображение запоминалось на магнитной ленте. После этого на изображение-оригинал накладывались помехи из поля помех. Зашумленное таким образом изображение также запоминалось на НМЛ и затем обрабатывалось изложенным выше способом.

Извлеченные из зашумленного изображения помехи образовывали второе поле помех (блок 7, рис. 5). Путем сравнения двух полей помех можно получить следующие данные об эффективности метода:

процент обнаруженных помех;
процент искаженных элементов изображения, ошибочно принятых за помехи;
коэффициент подавления обнаруженных помех

$$k_p = \frac{1}{l_1} \sum_{i=1}^z \sum_{j=1}^n \left(1 - \frac{P_{i,j} - P'_{i,j}}{P_{i,j}} \right);$$

коэффициент искажения искаженных полезных элементов

$$k_n = \frac{1}{l_2} \sum_{i=1}^z \sum_{j=1}^n \left(\frac{A_{i,j} - A'_{i,j}}{A_{i,j}} \right),$$

где: l_1 — количество обнаруженных помех; l_2 — количество искаженных элементов; z — количество строк разложения.

Практический интерес будет представлять получение таких данных для различных распределений параметров помех и типов изображений.

Экспериментально на ЦВМ была произведена обработка различных зашумленных импульсными помехами сюжетов. В качестве источника видеосигнала использовался фототелеграфный аппарат «Нева», скорость передачи и приема которого равнялась одной строке в секунду, частота выборок (тактовая частота) была взята равной 1200 гц, квантование видеосигнала производилось на 32 уровня. Импульсные помехи моделировались на ЦВМ.

На рис. 6 изображена штриховая мира, не зашумленная помехами (а), зашумленная помехами (б) и очищенная от помех (в).

Приведенные репродукции получены для случая, когда информация об изображении вводилась в два МОЗУ. Помехи имели следующие параметры: $a_{\tau} = 100$ эл., $a_{\Delta} = 7$ эл., $a_p = 16$, $\delta_{\tau} = 50$ эл., $\delta_{\Delta} = 5$ эл., $\delta_p = 10$, где: a и δ — математическое ожидание и среднее квадратическое отклонение нормального распределения.

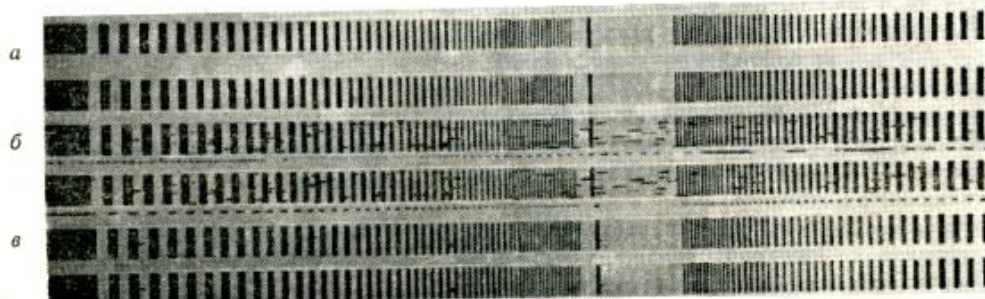


Рис. 6

Без использования внешней памяти на ЦВМ обработать снимок, размер которого больше полоски площадью 10×20 мм², невозможно. Для обработки полного снимка информация об изображении вводилась во внешнюю память машины (записывалась на НМЛ) в режиме «перекачки».

На ЦВМ была произведена количественная оценка эффективности рассмотренного метода подавления помех. В качестве исходного сюжета была взята фотография поверхности Луны.

Помехи имели следующие параметры: $a_{\tau} = 50$ эл.; $a_{\Delta} = 2$ эл., $a_p = 16$, $\delta_{\tau} = 25$ эл.; $\delta_{\Delta} = 1$ эл.; $\delta_p = 10$.

Получены следующие результаты:

- а) процент обнаружения помех — 75%;
- б) процент искаженных элементов изображения, ошибочно принятых за помехи, — 5%;

в) коэффициент подавления обнаруженных помех $k_n = 0,85$;

г) коэффициент искажения элементов изображения $k = 14$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ярославский Л. П., Устройство ввода — вывода изображений для цифровых вычислительных машин, «Энергия», 1968.
2. Медников Ю. И., Скрипник Н. П., Техника кино и телевидения, 1968, № 9.
3. Иконика, сб. статей, «Наука», 1968.
4. Graham R. E., Kelly J. K., A Computer Simulation Chain for Research on Picture Coding, IRE Wescon Convention Record, 1958.
5. Roberts L. G., Picture Coding Using Pseudo-Random Noise, IRE Trans. on IT, Febr. 1962, IT-8, No. 2.