

ОПТИМИЗАЦИЯ И РАЗВИТИЕ АЛГОРИТМА SPIHT

Черников А.В., Чобану М.К.

Московский Энергетический Институт (Технический Университет)

В работе рассматривается алгоритм компрессии изображений SPIHT. Данный алгоритм принадлежит к классу кодеров «с потерями» и работает с вейвлет-декомпозицией сигнала. SPIHT показывает хорошие характеристики качества на больших степенях сжатия, обладая при этом простой структурой. Генерируемый при кодировании поток имеет ряд положительных свойств.

- 1) возможность точного регулирования скорости передачи, а при записи в файл его размер может быть задан с точностью до байта;
- 2) возможность восстановления всего изображения при прекращении приема декодером бит в любой точке;
- 3) возможность быстрого просмотра изображений в удаленной базе данных.

В работе рассмотрены методы повышения скорости кодирования, как алгоритмические, так и программные; разработана аппаратно ориентированная версия кодера, предназначенная для использования в системах на базе сигнальных процессоров; существенно расширена область применения алгоритма за счет разработанной методики неразделимой фильтрации.

1. Матрица значимости.

В процессе анализа элементов LIS, кодер должен просматривать все дерево в поисках значимых коэффициентов. Этот процесс, неоднократно повторяясь, занимает значительную часть вычислительных ресурсов. Для ускорения процесса кодирования в алгоритм была введена новая структура - матрица значимости (MS). Размер MS равен размеру вейвлет-разложения. Под каждый элемент отводится один байт памяти. Формируется MS таким образом, что значение каждого ее элемента (i,j) равно числу бит, занимаемому максимальным по модулю коэффициентом дерева, выстроенного из точки (i,j) с учетом корня. Имея в распоряжении такую структуру для анализа элемента типа A достаточно рассмотреть только точки с координатами «детей», обращаясь при этом к MS. Анализируя же элементы типа B необходимо рассмотреть только точки с координатами «внуков» в структуре MS. Это простое инженерное решение позволило значительно сократить время работы кодера и сделало возможным его применение в системах критичных к скорости кодирования, например, таких как обработка видеосигнала в реальном времени.

Разработан простой алгоритм формирования MS, позволяющий за один проход по коэффициентам вейвлет-разложения собрать в матрице значимости информацию по всем деревьям.

2. Безсписковый алгоритм.

Алгоритм SPIHT использует в работе списковые структуры. При реализации в виде приложения списковая организация удобна для программиста и не имеет аппаратных ограничений. Для реализации же на сигнальных процессорах необходимо исключить динамическую работу с памятью. Следовательно, использование списков не желательно. По этой причине для аппаратной реализации был разработан безсписковый SPIHT. Предложенный алгоритм строит иерархические деревья, не используя списковые структуры. Вся информация о ветвях деревьев и о значимых точках хранится в зарезервированных битовых полях матрицы вейвлет-разложения. Обработка строится таким образом, что все необходимые точки (значимые точки, точки входа в дерево) анализируются один раз, как и в списковом алгоритме, благодаря чему переход на безсписковый алгоритм проходит без потерь в быстродействии. Также появляется возможность раздельной обработки деревьев (в том числе параллельной). Предложенный алгоритм не требует дополнительной памяти для своей работы, за исключением памяти под переменные. Весь процесс обработки строится в восьми зарезервированных битах, использование которых возможно за счет того, что при вейвлет-анализе отсчеты на выходе представляются в 32-х разрядной сетке и старшие биты (порядка десяти) остаются не занятыми. Вышесказанное справедливо для процессоров, работающих с 32-х разрядными числами. Разработана также версия кодера, работающая с 16-ти разрядными числами. В этом случае кодеру необходимо выделить память (байт на каждый отсчет, с учетом MS).

Безсписковый алгоритм на границах передачи битовых полей абсолютно совпадает по переданной информации со списковым алгоритмом, сам же процесс передачи битового поля идет несколько в другом порядке. Как показали тесты, это различие вызывает некоторое снижение PSNR. Что можно увидеть на следующем рисунке.

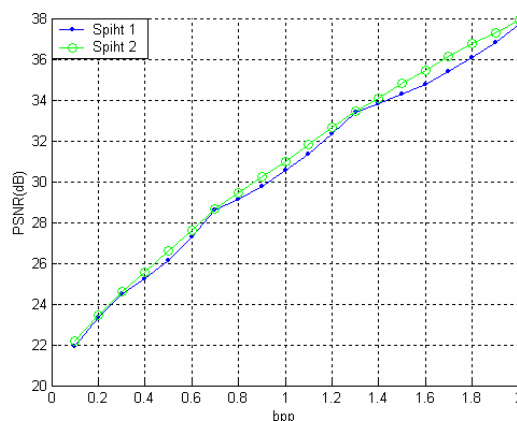


Рис. 1: Тест качества:
 Spiht 1 - бесспиловый алгоритм;
 Spiht 2 - спиловый алгоритм.

Отказ от списковых структур позволяет разрабатывать простую высокоскоростную аппаратную реализацию кодера для его применения в системах обработки изображений.

3. Необходимость адаптации алгоритма SPIHT к неразделимым разложениям.

До сих пор алгоритм SPIHT применялся только к вейвлет-разложениям полученным с применением разделимых банков фильтров. Это требование лежит в основе алгоритма, так как метод построения деревьев (поиск подобия) подразумевает определенную структуру и расположение субполос на плоскости.

Подобие высокочастотных субполос при неразделимой фильтрации также имеет место, но процесс построения деревьев с переходом через раз от прямоугольных к ромбическим областям и обратно неоправданно сложен и трудоемок. Такой алгоритм потребовал бы значительно больше памяти для хранения коэффициентов и потерял бы привлекательную для разработчиков систем компрессии простоту. В тоже время возможность применения алгоритма SPIHT к таким разложениям интересна как с теоретической, так и с практической точек зрения. Неразделимые фильтры выделяют двумерные пространственные частоты, тогда как разделимые горизонтальную и вертикальную составляющие. Из таких свойств фильтров следуют визуальные эффекты компрессии. Исследование таких эффектов для неразделимых фильтров представляет теоретический интерес. На практике это может помочь строить «приятное глазу» сжатие. Некоторые дополнительные свойства коэффициентов импульсных характеристик неразделимых фильтров можно и нужно использовать для упрощения и повышения быстродействия вейвлет-декомпозиции.

3.1 Компоновка отсчетов.

На нечетных уровнях декомпозиции единственно возможный способ группировки отсчетов после децимации - ромбическая структура. Такая группировка не искажает сигнал и делает возможным дальнейший анализ. Если, например, сдвинуть отсчеты прорецимированного сигнала, как показано на рисунке 2, то такой сигнал будет искаженным и его дальнейший анализ неправомерным, так как нарушены геометрические соотношения и относительное расположение коэффициентов. Однако такая структура обладает компактностью.

В данной работе предлагается довольно простое и эффективное решение этой проблемы. Если для более удобной обработки и хранения нужно исказить сигнал, то аналогичным образом исказив импульсную характеристику фильтра, можно сохранить все геометрические соотношения. Таким образом сдвиг отсчетов будет иметь место только визуально, с точки зрения фильтра все остается на своих местах.

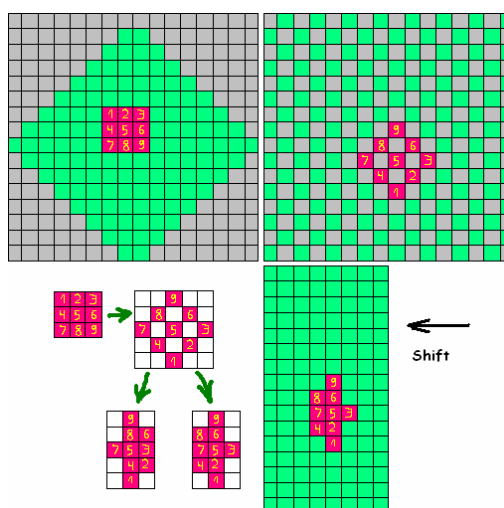


Рис. 2: Сдвиг сигнала на нечетных уровнях и сдвиг фильтра для дальнейшей декомпозиции искаженного сигнала.

На рисунке 2 показан сдвиг отсчетов фильтра. Перед вейвлет-декомпозицией из исходных фильтров дополнительно формируются два фильтра для нечетных и четных строк. При такой организации сигнал визуально искажается только на нечетных уровнях декомпозиции, там, где необходимо ромбическое представление. На четных же уровнях сигнал сохраняет форму и обрабатывается стандартными фильтрами.

3.2. Результаты.



Рис. 3: Пример вейвлет-декомпозиции с использованием неразделимых фильтров, выполненная по разработанной методике.

В ходе работы описанный принцип фильтрации был реализован в среде MatLab. Фильтр преобразуется в специальной процедуре, то есть разработчик фильтров избавлен от перегруппировки коэффициентов. На полученном разложении алгоритм SPIHT строит свою работу аналогично разделимому варианту используя подобие высокочастотных субполос. Такой подход позволил не только применять SPIHT, но и дал еще целый ряд преимуществ: сделал более доступным не нулевое расширение сигнала при фильтрации (например, периодическое, реализация которого на ромбических структурах технически сложная задача); позволил существенно снизить объем требуемой памяти; упростил визуализацию и обработку вейвлет-разложения.

Литература

1. В.И. Воробьев и В.Г. Грибунин. "Теория и практика вейлет-преобразования.", ВУС, 1999.
2. A. Said and W.A. Pearlman, "A New Fast and Efficient Image Codec Based on Set Partitioning in Hierarchical Trees", IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Technology, vol. 6., pp. 243--250, June 1996.

