

СПОСОБ СЖАТИЯ РЕЧЕВЫХ СИГНАЛОВ НА ОСНОВЕ КЛАССИФИКАЦИОННОГО ОТБОРА КОЭФФИЦИЕНТОВ ДИСКРЕТНОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ УОЛ- ША

к.т.н. И.В. Рубан, Ю.В. Данюк
(представил д.т.н., проф. В.А. Краснобаев)

Предложена классификация входящих информационных блоков дискретного преобразования Уолша с целью оптимизации вычислительного процесса и сокращения избыточности представления коэффициентов трансформанты.

Введение. Ортогональные преобразования позволяют произвести перераспределение энергии исходного сигнала в соответствии с базисом функций и свойствами выбранного ортогонального преобразования [1]. Исследование свойств преобразования позволяет эффективно применять его в разных целях, в том числе и в системах сжатия.

Исследование свойств ортогональных преобразований позволяет строить быстрые алгоритмы их реализации [2], сократить избыточность представления коэффициентов трансформант [3], реализовывать зональные и пороговые методы сжатия [2]. Дискретное преобразование Уолша (ДПУ) является типичным ортогональным преобразованием и широко применяется в системах сжатия [1, 2]. Быстрые алгоритмы реализации данного преобразования построены [2], но свойства представленные в [3] при этом не учтены.

Цель статьи. В данной статье предложена классификация входящих информационных блоков ДПУ с целью оптимизации вычислений и сокращения избыточности представления коэффициентов трансформант на основе ранее исследованных свойств [3].

Дискретному преобразованию Уолша характерно несколько интересных, с точки зрения сжатия, свойств [3]. Одно из них состоит в том, что если исключить половину коэффициентов трансформанты, а оставшиеся подвергнуть обратному преобразованию, то отсчеты восстановленного сигнала можно определить согласно выражению

$$\bar{x}_i = \bar{x}_{i+1} = \text{round}\left(\frac{x_i + x_{i+1}}{2}\right), \quad (1)$$

где \bar{x}_i – отсчет восстановленного сигнала; x_i – отсчет исходного сигнала; round – операция округления к ближайшему целому.

Знак \pm в выражении (1) определяется в зависимости от i : при четном i производится вычитание, при нечетном – сложение. Результат работы выражения (1) приведен на примере обработки блока длиной $N = 8$ в табл. 1.

Таблица 1

Пример вычисления коэффициентов трансформанты

Элементы входящего блока	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8
Исходный блок	124	124	126	126	100	100	129	129
Трансформанта	958	0	-62	0	42	0	54	0
Формула вычислений	$\frac{x1+x2}{2}$		$\frac{x3+x4}{2}$		$\frac{x5+x6}{2}$		$\frac{x7+x8}{2}$	
Восстановленный блок	124	124	126	126	100	100	129	129

Пример, представленный в таблице, свидетельствует о том, что можно вычислять только часть коэффициентов, а остальные будут идентичными при таком исходном блоке. На этапе обратного преобразования в таких условиях нужно вычислить только 4 коэффициента вместо 8. В обобщенном виде выражение (1) принимает следующую форму:

$$\bar{x}_i = \begin{cases} x_1 / N & \text{при } w = N - 1; \\ \frac{1}{N} \sum_{k=(4Q-3)}^{4Q} x_k, & \text{при } w = \frac{3}{4}N; \\ (x_i + x_{i+1}) / 2 & \text{при } w = N/2, i - \text{нечетное}; \\ (x_i + x_{i-1}) / 2 & \text{при } w = N/2, i - \text{четное}, \end{cases} \quad (2)$$

где N – длина обрабатываемого блока; w – количество исключаемых коэффициентов; $Q = (i/4)$ – с округлением в большую сторону.

Выражение (2) определяет взаимосвязь между отсчетами исходного и восстановленного сигнала при исключении w коэффициентов трансформанты. Выше изложенное позволяет утверждать, что определенная конфигурация исходного блока приводит к получению определенной конфигурации трансформанты. Применение классификации к исходному блоку позволит на этапе прямого и обратного преобразования сократить количество математических операций. Безусловно, что эффективность работы такой схемы во многом будет зависеть от статистических характеристик информации, которая подлежит обработке.

Классификация входящих блоков. На рис. 1 представлен вариант классификации входящих информационных блоков дискретного преобразования Уолша. Предлагается разбить входящие блоки на 4 класса: 0 – не более, чем один элемент входящей информационной последовательности отличается от остальных; 1 – два элемента входящей информационной последовательности отличаются от остальных; 2 – три (четыре) элемента входящей информационной последовательности отличаются от остальных; 3 – элементы входящей информационной последовательности попарно идентичны и все остальные случаи. Одной из особенностей, характерной ДПУ является то, что в предложенной классификации место одинаковых (неодинаковых) элементов не имеет значения. Если необходимое количество одинаковых (неодинаковых) элементов есть в наличии, то результат будет соответствовать результату, приведенному на рис. 1. Отличие будет заклю-

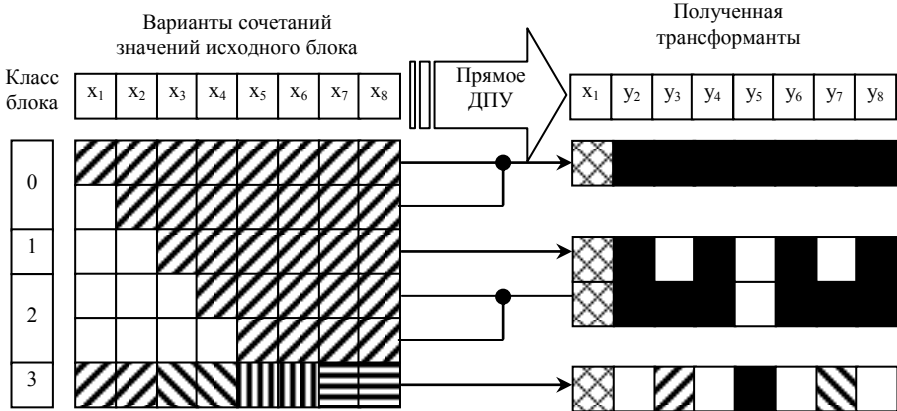


Рис. 1. Классификация входящих информационных блоков дискретного преобразования Уолша

чаться в расположении коэффициентов, что в данном случае не столь существенно. Основной задачей теперь является создание эффективного алгоритма для отнесения входящего блока к определенному классу.

Наиболее простым решением в будет нахождение значения разности минимального и максимального значений обрабатываемого блока (рис. 2):

$$r = \max([x]) - \min([x]), \quad (3)$$

где \max – функция нахождения максимума; \min – функция нахождения минимума; $[x]$ – исходный

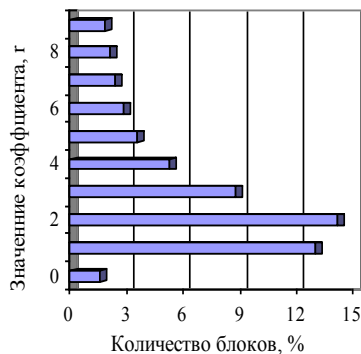


Рис. 2. Зависимость количества блоков от коэффициента r (N = 8)

информационный блок.

Значение коэффициента γ может характеризовать качество сжимаемого сигнала и в зависимости от установленного значения качества будет приниматься соответствующее решение о классе блока. На рис. 2 представлено в процентном соотношении среднее количество блоков, в которых коэффициент γ принимает соответствующее значение (приблизительно в 50% блоков значение γ не превышает 8). Таким образом, можно утверждать об эффективности применения такой классификации для речевых сигналов.

Количество коэффициентов (N), вычисляемых в зависимости от класса блока (k): ($k = 0$; $N = 2$); ($k = 1$; $N = 3$); ($k = 2$; $N = 3$); ($k = 3$; $N = 4$).

Совокупный выигрыш от применения предложенной классификации зависит количества блоков каждого класса. Безусловно, что выражение (3) требует также некоторого количества математических операций. Тем не менее, предложенная классификация, сокращая количество вычисляемых коэффициентов, уменьшает количество бит, необходимых для их кодирования. Приведенная классификация на примере блока длиной 8 отсчетов аналогично работает и при другой длине блока. Согласно приведенной статистике появления блоков различных классов в среднем выигрыш составит порядка 25 %.

Выводы. В статье приведена классификация входящих информационных блоков ДПУ. Представлен общий принцип определения класса блока. Показано статистическое распределение блоков согласно предлагаемой классификации применительно к реальным речевым сигналам. Применение приведенной классификации входящих информационных блоков дискретного преобразования Уолша приводит к уменьшению вычислительной сложности за счет сокращения количества вычисляемых коэффициентов в среднем на 52%; уменьшению количества коэффициентов, которые необходимо кодировать, что в свою очередь уменьшает общий объем данных не менее чем на 50%; увеличению коэффициента сжатия как минимум в 2 раза.

ЛИТЕРАТУРА

1. Залманзон Л.А. Преобразование Фурье, Уолша, Хаара и их применение в управлении, связи и других областях. – М.: Наука, 1989. – 496 с.
2. Ахмед Н., Рао К.Р. Ортогональные преобразования при обработке цифровых сигналов. – М.: Связь, 1980. – 248 с.
3. Данюк Ю.В., Колмыков М.Н. Исследование базиса преобразования Уолша. // Збірник наук. праць ІПМЕ. – К.: НАНУ, ІПМЕ. – 2004. – Вип. 25. – С. 24 – 26.
4. Бондарев В.Н., Трестер Г., Чернега В.С. Цифровая обработка сигналов: методы и средства. – Х.: Конус, 2001. – 398 с.

Поступила 26.10.2004

РУБАН Игорь Викторович, канд. техн. наук, доцент, зам. нач. кафедры ХВУ. В 1990 году окончил ХВВКИУ РВ. Область научных интересов – обработка информации в

вычислительных сетях и АСУ.

ДАНИЮК Юрий Владимирович, адъюнкт ХВУ. В 2000 году окончил ХВУ. Область научных интересов – обработка и передача информации.
