

ВЕЙВЛЕТНЫЙ АЛГОРИТМ ЦИФРОВОГО СЖАТИЯ ИНФОРМАЦИИ

Самохина Е.В., Нефедов В.И., Гуров П.А.

Московский государственный институт радиотехники, электроники и автоматики
(технический университет)
119454, Москва, проспект Вернадского 78, тел. 434-91-56

Одним из перспективных методов эффективного сжатия информации (сигнала) является вейвлетный алгоритм. Вейвлетный алгоритм сжатия информации напрямую связан с использованием самоподобия областей изображения. Коэффициент сжатия можно варьировать в пределах 25 – 100 раз. При увеличении коэффициента сжатия, на резких границах, особенно проходящих по диагонали, проявляется «лестничный эффект» – появление ступенек разной яркости, имеющих размер в несколько пикселей. Наиболее простая идея алгоритма сжатия заключена в том, что массив записывают разницу между средними значениями соседних пикселей изображения, которая обычно принимает значения, близкие к 0. Так два числа a_i и a_{i+1} всегда можно представить в виде:

$$p_i = (a_i + a_{i+1})/2; \quad q_i = (a_i - a_{i+1})/2. \quad (1)$$

Очевидный эффект такого представления заключается в следующем: при наличии в изображении значительных корреляций между соседними пикселями (отсчетами сигнала), величина полуразности q мала (в пределе $a = p, q = 0$), и ее можно представить меньшим числом бит. При этом не происходит потери информации, поскольку согласно обратному преобразованию:

$$a = p - q, \quad b = p + q. \quad (2)$$

В данной паре отсчетов a и b значение a можно рассматривать как прогноз для следующего отсчета b , для уточнения которого используют коэффициент разложения q .

При выполнении подобного преобразования для всех соседних пар отсчетов сигнала длиной 2^n , он поделится на две дискретные последовательности отсчетов половинной длины каждая:

$$p_n = (a_n + a_{n+1})/2; \quad q_n = (a_n - a_{n+1})/2. \quad (3)$$

Из формулы (3) следует, что вектор средних значений отсчетов p_n характеризует сжатое представление исходного вектора a_n сигнала, а вектор разностей q_n – как детализирующую информацию о сигнале, необходимую для обратного перехода из сжатого представления к исходному. Применяв такое же преобразование к уже сжатому сигналу p_n , переходят к еще более компактному представлению исходного сигнала. При рекурсивном выполнении преданного образования n раз, получают из исходного сигнала n его версий с округлением на разных масштабах. Самое грубое представление p_0 – среднее значение исходного сигнала.

Представленная процедура сжатия информации является дискретным вейвлет-анализом сигналов по базису вейвлетов Хаара $\psi_{jk}(x) = 2^{-j/2} \psi(2^j x - k)$. Полное число коэффициентов разложения равно исходному числу отсчетов – 2^n , однако информационная их содержание (и, соответственно, требуемая точность представления) различно.

Обратное преобразование выполняют также рекуррентно, по обратным формулам вида (2). Полное число операций пропорционально числу преобразований n (что существенно эффективнее быстрого преобразования Фурье, представляемого около $n \log n$ операциями).

Представленный алгоритм сжатия информации на основе дискретного вейвлет-преобразования Хаара имеет как минимум два ценных практических свойства, перспективных для применения в системах мобильной связи и сжатия видеоинформации:

– если требуется передавать или запоминать (хранить) большие объемы информации, то степень ее сжатия и детали представления легко варьируются в широких пределах, путем обнуления разностных коэффициентов q_n ;

– сигнал можно передавать последовательно – фрагментами (кадрами), начиная с самых грубых его уровней, несущих в предельно компактной форме основной объем информации, с дальнейшим последовательным уточнением, вплоть до полного восстановления.

Литература

1. “Progressive Bi-level Image Compression, Revision 4.1”, ISO/IEC JTC1/SC2/WG9, CD 11544, September 16, 1991.
2. B.Smith, L.Rowe. “Algorithm for manipulating compressed images.” Computer Graphics and applications. September 1993.