УДК 004.627

Є.В. Крилов, В.К. Анікін, О.С. Бугаєнко

ПОКРАЩЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК АЛГОРИТМУ СТИСНЕННЯ JPEG З МЕТОЮ ПІДВИЩЕННЯ ШВИДКОСТІ ЗАВАНТАЖЕННЯ САЙТІВ

Анотація: Розглядається можливість підвищення швидкості завантаження сайтів шляхом модифікації алгоритму JPEG. Замість дискретного перетворення було використане вейвлетне перетвореня, що дало змогу зменшити розмір файлу зі збереженням його якості.

Ключові слова: стиснення зображень, алгоритм JPEG, вейвлетне перетворення, покращення характеристик JPEG.

Вступ

На сьогодняшній день одним з важливих факторів частого відвідування сайту користувачами є швидкість його завантаження. Особливу увагу слід приділити зображенням, оскільки вони складають основну частину контенту. Зображення повинні бути достатньо високої якості, але в той же час мати невеликий розмір файлу. Вимога до розміру файлу виникає із сучасних тенденцій серед користувачів — все частіше використовується мобільний інтернет, який має малу швидкість.

В статті пропонується покращення методу конверсії JPEG, шляхом заміни дискретного косинусного перетворення перетворенням вейвлетним.

Алгоритми стиснення

Всі існуючі алгоритми можна розділити на два великі класи:

- Алгоритми стиснення без втрат;
- Алгоритми стиснення з втратами.

Коли говориться про стиснення без втрат, то мається на увазі, що існує алгоритм, зворотний алгоритму стиснення, що дозволяє точно відновити вихідне зображення. Для алгоритмів стиснення з втратами зворотного алгоритму не існує. Існує алгоритм, який відновлює зображення, яке не обов'язково точно збігається з вихідним.

Алгоритми стиснення без втрат

Існують наступні алгоритми стиснення без втрат: алгоритм RLE, алгоритм LZW, алгоритм Хаффмана, JBIG, Lossless JPEG.

Алгоритми стиснення з втратами

До алгоритмів з втратами відносяться наступні алгоритми: алгоритм JPEG, фрактальний алгоритм, вейвлетний (рекурсивний або хвильовий) алгоритм.

 ISSN 1560-8956

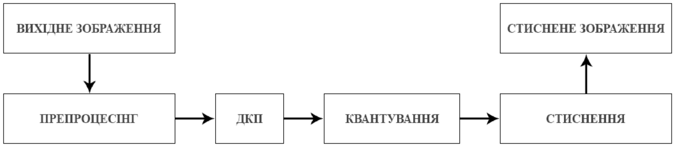

Рис. 1 – Кроки роботи кодера JPEG

Алгоритм JPEG Розглянемо роботу алгоритму JPEG. Весь процес складається з наступних кроків:

Препроцесінг — етап, на якому виконується попередня обробка зображення, що приводить його до зручного виду для кодування.

Дискретне косинусне перетворення (ДКП) використовується для перетворення зображення від його просторового виду до спектрального.

Квантування — етап, під час якого відбувається основна втрата інформації за рахунок округлення несуттєвих, високочастотних ДКП-коефіцієнтів.

Стиснення — кодування отриманих даних стандартними методами (кодування повторів, арифметичне кодування і т.д.).

Перпроцесінг

На даному етапі виконується перетворення зображення із його компонентного вигляду до виду з на основі яскравості та кольору (ICT — Irreversible Color Transform).

$$\begin{bmatrix} Y \\ C_r \\ C_b \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.299 & 0.586 & 0.114 \\ -0.169 & -0.331 & 0.500 \\ 0.500 & -0.419 & -0.081 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

Рис. 2 – Матриця ICT перетворення

Також на цьому кроці вихідне зображення розбивається на малі квадратні блоки і виконується зсув основ значення кольору відносно нуля для коректного просторового представлення зображення $[0, 2^p - 1] -> [-2^{p-1}, 2^{p-1} - 1]$,

ДКП

ДКП перетворює матрицю пікселів розміру N x N в матрицю частотних коефіцієнтів відповідного розміру.

$$DCT(i,j) = \frac{1}{\sqrt{2N}} C(i)C(j) \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x,y) \cos\left[\frac{(2x+1)i\pi}{2N}\right] \cos\left[\frac{(2x+1)j\pi}{2N}\right]$$

$$f(x,y) = \frac{1}{\sqrt{2N}} \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} C(i)C(j) DCT(j,j) \cos\left[\frac{(2x+1)i\pi}{2N}\right] \cos\left[\frac{(2x+1)j\pi}{2N}\right]$$

$$C(x) = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}}, & x = 0 \\ 1, & x > 0 \end{cases} \tag{1}$$

Квантування

Квантуванням називається процес зменшення об'єму інформації, необхідного для збереження матриці ДКП з частковою втратою точності. Приклад матриці квантування:

3	5	7	9	11	13	15	17
5	7	9	11	13	15	17	19
7	9	11	13	15	17	19	21
9	11	13	15	17	19	21	23
11	13	15	17	19	21	23	25
13	15	17	19	21	23	25	27
15	17	19	21	23	25	27	29
17	19	21	23	25	27	29	31

Рис. 3 – Приклад матриці сканування

Стиснення

Після оброки матриці ДКП за допомогою матриці квантування, в результуючій матриці з'являється велика кількість нулів, особливо у високочастотній області (правий нижній кут). Матриця переводиться у вектор, за допомогою "зиг-заг" сканування та застосовується алгоритм кодування повторів.

$a_{0,0}$	$a_{0,1}$	$a_{0,2}$	$a_{0,3}$	$a_{0,4}$	$a_{0,5}$	$a_{0,6}$	$a_{0,7}$
$a_{1,0}$	$a_{1,1}$	$a_{1,2}$	$a_{1,3}$	$a_{1,4}$	$a_{1,5}$	$a_{1,6}$	$a_{1,7}$
$a_{2,0}$	$a_{2,1}$	$a_{2,2}$	$a_{2,3}$	$a_{3,0}$			
$a_{3,0}$	$a_{3,0}$	$a_{3,0}$	$a_{3,0}$				
$a_{4,0}$	$a_{4,1}$	$a_{4,2}$					
$a_{5,0}$	$a_{5,1}$						
$a_{6,0}$	$a_{6,1}$						
$a_{7,0}$	$a_{7,1}$						

Рис. 4 – "Зиг-заг" сканування

 ISSN 1560-8956

Отриманий результат стискається, як звичайні дані за допомогою алгоритму Хоффмана.

Постановка задачі

Вейвлетне перетворення

Припустимо, що ми маємо послідовність, що складається з 2^n точок $[x_1, x_2, \ldots, x_{2^n}]$ для деякого цілого $n \quad > 0$. Ми можемо зіставити цю послідовність з наступною функцією з векторного простору функцій $V^{\,n}$:

$$f\left(t\right) = x_1 \varphi_{n,0}\left(t\right) + \ldots + x_1 \varphi_{n,2^n-1}\left(t\right) \tag{2}$$

Першим кроком обчислення вейвлет-перетворення послідовності $[x_1, x_2, \ldots, x_{2^n}]$ буде розкладання по альтернативному базису простору, половину якого складають вейвлети:

$$\begin{aligned} f\left(t\right) = a_{n-1,0}\varphi_{n-1,0} + \ldots + a_{n-1,2^{n-1}-1}\varphi_{n-1,2^{n-1}-1}\left(t\right) + \\ + d_{n-1,0}\psi_{n-1,0} + \ldots + d_{n-1,2^{n-1}-1}\psi_{n-1,2^{n-1}-1}\left(t\right) \end{aligned} \tag{3}$$

Коефіцієнти $d_{n-1,0}, \ldots, d_{n-1,2^{n-1}-1}$ при базисних вейвлет-функціях складають половину коефіцієнт вейвлет-перетворення, тому їх значення зберігаються. Наступним кроком процесу перетворення є застосування такого ж базисного перетворення до решти членів рівності:

$$g_{n-1}\left(t\right) = a_{n-1,0}\varphi_{n-1,0} + \ldots + a_{n-1,2^{n-1}-1}\varphi_{n-1,2^{n-1}-1}\left(t\right) \tag{4}$$

Таким чином g_{n-1} це елемент V^{n-1} і тому може бути розкладений по альтернативному базису складається з масштабуючих функцій $\varphi_{n-2,j}$ і вейвлетів $\psi_{n-2,j}$.

Для отримання коефіцієнтів рівності використовується ортогональность. Кожна $\varphi_{n-1,j}$ ортогональна кожній $\varphi_{n-1,k}$ так само як і всім $\psi_{n-1,j}$ і анагічно кожен вейвлет ортогональний з іншими вейвлетами $\psi_{n-1,k}$ і усіма масштабуючим функціям $\varphi_{n-1,j}$. Так само, кожна $\varphi_{n-1,j}$ і кожен $\psi_{n-1,j}$ є нормованими. Слідуючи, з вище викладеного отримаємо:

$$\int\limits_0^1 f\left(t\right)\varphi_{n-1,j}\left(t\right)dt = a_{n-1,j} \tag{5}$$

В силу ортогональності правої частини залишається тільки один член, а нормування призводить до відсутності коефіцієнта при $a_{n-1,j}$. Тепер, підставивши праву частину рівності, отримаємо:

$$a_{n-1,0} = \frac{x_1 + x_2}{\sqrt{2}} \tag{6}$$

Квадратний корінь в коефіцієнті з'являється за рахунок нормування. Решта коефіцієнтів $a_{n-1,j} \quad j = 1, \ldots, 2^n - 1$ обчислюються аналогічно. Таким чином:

$$\frac{x_{2j+1} + x_{2j+2}}{\sqrt{2}}, j = 1, \ldots, 2^{n-1} - 1 \tag{7}$$

Аналогічно, використовуючи властивості ортогональності і нормованості функцій $\psi_{n-1,j}$ можна обчислити коефіцієнти $d_{n-1,j}$ за такою формулою:

$$d_{n-1,j} = \frac{x_{2j+1} - x_{2j+2}}{\sqrt{2}},\ j = 1, \ldots, 2^{n-1} - 1 \tag{8}$$

Рівняння можна представити у вигляді одного матричного рівняння. Введемо векторний запис x, a та d. Тоді можна представити це як вираз

$$\left[\frac{A_n}{D_n}\right] x = \left[\frac{a_{n-1}}{d_{n-1}}\right] \tag{9}$$

Матриця у лівій частині – це єдина матриця $2^n \times 2^n$, а вектор у правій частині – єдиний вектор-стовпець $2^n \times 1$. На кожному кроці процесу вейвлет-перетворення зберігаються деталізуючі коефіцієнти і обробляються коефіцієнти усереднення. У розглянутому випадку вейвлет перетворення матиме 2^n компонентів. Половину з них ми отримуємо з рівняння в якості деталізуючих коефіцієнтів в d_{n-1}. Зберігаємо ці коефіцієнти як половину вейвлет-перетворення. Наступний крок вейвлет-перетворення полягає в застосуванні до a_{n-1} операцій усереднення і віднімання на наступному, більш низькому, рівні роздільної здатності:

$$\left[\frac{A_{n-1}}{D_{n-1}}\right] a_{n-1} = \left[\frac{a_{n-2}}{d_{n-2}}\right] \tag{10}$$

Тут A_{n-1} і D_{n-1} – це матриці $2^{n-1} \times 2^n$, а a_{n-2} і d_{n-2} – це вектори-стовпці розмірності 2^{n-2}. Щоб побудувати частину вейвлет-перетворення, ми збережемо d_{n-2} разом з d_{n-1}. Далі процес стоїть в подальшому застосуванні операцій усереднення і віднімання до a_k зберігаючи отримані деталізуючи коефіцієнти як частину вейвлет-перетворення. На заключному кроці зберігається середнє значення a_0, яке є однокомпонентним вектором з єдиним елементом $a_{0,0}$. Результуюче вейвлет-перетворення, яке можна представити як єдиний вектор-стовпець з $1 + 1 + 2 + \ldots + 2^{n-1} = 2^n$ елементами, буде мати вигляд:

 ISSN 1560-8956

$$\begin{bmatrix} a_0 \\ d_0 \\ d_1 \\ \vdots \\ d_{n-1} \end{bmatrix} \quad (11)$$

Модифікація алгоритму JPEG

Модифікація алгоритму JPEG полягає в заміні ДКП вейвлетним перетворенням з наступними коефіцієнтами:

$$a_{i,j} = \frac{x_{8j+i} + x_{8j+(i+4)}}{\sqrt{2}}, j = 1, \dots, 2^{n-1} - 1, i = 0 \dots 3 \quad (12)$$

$$d_{i,j} = \frac{x_{8j+1} - x_{8j+(i+4)}}{\sqrt{2}}, j = 1, \dots, 2^{n-1} - 1, i = 0 \dots 3 \quad (13)$$

Застосування модифікованого алгоритму JPEG

Порівняємо модифікований та не модифікований алгоритми JPEG зі ступенем стиснення 50%:

Рис. 5 – Стиснення 50% jpeg

Як бачимо, зображення стиснуте за допомогою модифікованого алгоритму JPEG не має таких артефактів як зображення стиснуте простим алгоритмом JPEG. В таблиці наведені розміри файлів модифікованго та немодифікованого алгоритмів JPEG.

Таблиця 1

Порівняння розмірів файлів

Формат зображення	jpeg 50%	мод. Jpg 50%
Розмір файлу	121Kb	90 Kb

Рис. 6 – Стиснення 50% модифікований jpeg

Висновки

Було розглянуто спосіб зменшення часу завантаження сайтів за допомогою модифікації алгоритму JPEG. Модифікація алгоритму полягає в заміні ДКП вейвлетним перетворенням. В результаті екпереметального дослідження показано, що така модифікація дає можливість зменшити розмір файлу на 25%, а якість самого зображення залишається кращою, ніж у простого алгоритму JPEG.

Перелік використаних джерел

1. Миано Дж. Форматы и алгоритмы сжатия изображений в действии: пер. С англ. / Дж. Миано — М.:Триумф, 2003. —335 с.
2. Яковлев А.Н. Введение в вейвлет-преобразовани. / А.Н. Яковлев — Новосибирск: НГТУ, 2003. - 104 с.
3. Уэлстид С. Фракталы и вейвлеты для сжатия изображений в действии: пер. с англ. / С. Уэлстид — М.:Триумф, 2003. —319 с.
4. Исследование вейвлетного метода сжатия изображений для повышения быстродействия веб приложений : науч.-техн. сб. Киев: Национальный технический университет Украины “Киевский политехнический институт” / Е.В. Крылов, В.К. Аникин, Е.В. Аникина – 2013. – Вып. 2 (23).-С 35-40

Отримано 17.04.2015 р.

 ISSN 1560-8956