УДК 004.627

Е.В. Крылов, В.К. Аникин, Е.В. Аникина

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЕЙВЛЕТНОГО МЕТОДА СЖАТИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ БЫСТРОДЕЙСТВИЯ ВЕБ ПРИЛОЖЕНИЙ

Аннотация: Рассматривается методика повышения быстродействия веб-приложений путем уменьшения размеров загружаемых файлов, а именно сжатие изображений. При использовании изображений в цветном спектре с прозрачностью был применен модифицированный метод вейвлетного сжатия, в частности с сохранением пяти, десяти и пятидесяти процентов коэффициентов для уменьшения размера сжатого файла изображения при условии сохранения его качества.

Ключевые слова: сжатие изображений, быстродействия веб-приложений, вейвлетное сжатие, разностные коэффициенты.

Введение

На сегодняшний день повышение скорости работы сайтов является актуальной задачей. Методы повышения быстродействия можно условно разделить на методы серверной и клиентской части сайта. Серверные методы используются в тех случаях, когда сервер, на котором расположен сайт, не выдерживает нагрузку и скорость работы сокращается для каждого пользователя. Клиентские методы направлены на ускорение загрузки информации в браузере пользователя. Такие методы можно условно разделить на следующие группы:

- Уменьшение количества http запросов
- Уменьшение размера загружаемых файлов
- Повышение быстродействия стилей CSS
- Повышение быстродействия скриптов javascript

Уменьшение количества запросов необходимо для освобождения соединения клиента с сервером и как следствие более быстрой загрузки общего контента. Для этого, например, используются методы объединения таблиц стилей и использование спрайтов.

Повышение быстродействия таблиц стилей и скриптов заключается в оптимизации этих файлов с целью их более быстрой интерпретации и выполнения. Например, для скриптов, необходимо уменьшать количество используемых внешних библиотек.

Уменьшение размера загружаемых файлов является наиболее приоритетной задачей. Для этого используется очень большое количество методов. Основными являются: архивация и сжатие

HTML, CSS и javascript; минимизация стилей и скриптов; и методы оптимизации и сжатия изображений.

В этой статье уделено внимание последним из этих методов, а в частности, методам вейвлетного сжатия изображений [1].

Вейвлетное преобразование

Предположим, что мы имеем последовательность, состоящую из 2^n точек $[x_1, x_2, \ldots, x_{2^n}]$ для некоторого целого $n > 0$. Мы можем сопоставить эту последовательность со следующей функцией из векторного пространства функций V^n [2]:

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

Первым шагом вычисления вейвлет-преобразования последовательности $[x_1, x_2, \ldots, x_{2^n}]$ будет разложение $f\left(t\right)$ по альтернативному базису пространства V^n, половину которого составляют вейвлеты:

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

Коэффициенты $d_{n-1,0}, \ldots, d_{n-1,2^{n-1}-1}$ при базисных вейвлет-функциях составляют половину коефициентов вейвлет-преобразования, поэтому их значения сохраняются. Следующим шагом процесса преобразования является применение такого же базисного преобразования к остальным членам равенства:

$$g_{n-1}\left(t\right) = a_{n-1,0}\varphi_{n-1,0} + \ldots + a_{n-1,2^{n-1}-1}\varphi_{n-1,2^{n-1}-1}\left(t\right) \tag{3}$$

Таким образом g_{n-1} это элемент V^{n-1} и поэтому может быть разложен по альтернативному базису состоящему из масштабирующих функций $\varphi_{n-2,j}$ и вейвлетов $\psi_{n-2,j}$.

Для получения коэффициентов равенства используется ортогональность. Каждая $\varphi_{n-1,j}$ ортогональна каждой $\varphi_{n-1,k}$ так же как и всем $\psi_{n-1,j}$ и анагично каждый вейвлет $\psi_{n-1,j}$ ортогонален другим вейвлетам $\psi_{n-1,k}$ и всем масштабирующим функциям $\varphi_{n-1,j}$. Так же, каждая $\varphi_{n-1,j}$ и каждый $\psi_{n-1,j}$ являются нормированными [2]. Следуя, из выше изложенного получим:

$$\int\limits_0^1 f\left(t\right)\varphi_{n-1,j}\left(t\right)dt = a_{n-1,j} \tag{4}$$

В силу ортогональности правой части остается только один член, а нормирование приводит к отсутствию коэффициента при $a_{n-1,j}$. Теперь, подставив правую часть равенства, получим:

$$a_{n-1,0} = \frac{x_1 + x_2}{\sqrt{2}} \tag{5}$$

 ISSN 1560-8956

Квадратный корень в коэффициенте появляется за счет нормирования. В случае использования ненормированных базисных функции результатом будет двухточечное среднее значение. Остальные коэффициенты $a_{n-1,j}$ $j = 1, \ldots, 2^n - 1$ вычисляются аналогично. Таким образом:

$$\frac{x_{2j+1} + x_{2j+2}}{\sqrt{2}}, \; ; j = 1, \ldots, 2^{n-1} - 1 \tag{6}$$

Аналогично, используя свойства ортогональности и нормированности функций $\psi_{n-1,j}$ можно вычислить коэффициенты $d_{n-1,j}$ по следующей формуле:

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

Уравнения можно представить в виде одного матричного уравнения. Введем векторную запись x, a и d. Тогда можно представить это как выражение

$$\left[\frac{A_n}{D_n}\right] x = \left[\frac{a_{n-1}}{d_{n-1}}\right] \tag{8}$$

Матрица в левой части – это единая матрица $2^n \times 2^n$, а вектор в правой части – единый вектор-столбец $2^n \times 1$. На каждом шаге процесса вейвлет-преобразования сохраняются детализирующие коэффициенты и обрабатываются коэффициенты усреднения. В рассматриваемом случае вейвлет преобразование будет иметь 2^n компонентов. Половину из них мы получаем из уравнения в качестве детализирующих коэффициентов в d_{n-1}. Сохраняем эти коэффициенты как половину вейвлет-преобразования. Следующий шаг вейвлет-преобразования состоит в применении к a_{n-1} операций усреднения и вычитания на следующем, более низком, уровне разрешения:

$$\left[\frac{A_{n-1}}{D_{n-1}}\right] a_{n-1} = \left[\frac{a_{n-2}}{d_{n-2}}\right] \tag{9}$$

Здесь A_{n-1} и D_{n-1} – это $2^{n-1} \times 2^n$ матрицы, а a_{n-2} и d_{n-2} – это векторы-столбцы размерности 2^{n-2}. Чтобы построить часть вейвлет-преобразования, мы сохраним d_{n-2} вместе с d_{n-1}. Далее процесс стоит в последующем применении операций усреднения и вычитания к a_k сохраняя полученные детализирующие коэффициенты как часть вейвлет-преобразования. На заключительном шаге сохраняется среднее значение a_0, которое является однокомпонентным вектором с единственным элементом $a_{0,0}$. Результирующее вейвлет-преобразование, которое можно представить как единый вектор-столбец с $1 + 1 + 2 + \ldots + 2^{n-1} = 2^n$ элементами, будет иметь вид:

$$\begin{bmatrix} a_0 \\ d_0 \\ d_1 \\ . \\ . \\ . \\ d_{n-1} \end{bmatrix} \tag{10}$$

Постановка задачи

Форматы изображений, которые сжатые вейвлетным методом занимают меньшей объем физической памяти на диске, что позволяет снизить время их загрузки. Однако, в большинстве случаев, они не поддерживаются современными браузерами. Чтобы использовать такие изображения в веб-приложениях мы можем воспользоваться специализированным для графики тегом canvas. Так же, для сжатия изображения и для его обратного преобразования модифицируем метод вейвлетного сжатия.

Для сжатия изображения для веб-приложений коэффициенты преобразования будут иметь вид:

$$a_{i,j} = \frac{x_{8j+i} + x_{8j+(i+4)}}{\sqrt{2}},\ j = 1, \ldots, 2^{n-1} - 1, i = 0..3 \tag{11}$$

$$d_{i,j} = \frac{x_{8j+1} - x_{8j+(i+4)}}{\sqrt{2}},\ j = 1, \ldots, 2^{n-1} - 1, i - 0..3 \tag{12}$$

Сохранение только одного среднего значения a_0 позволило бы нам преобразовывать только изображения с градацией серого, представляя его в виде средней яркости каждого пикселя. В данной модификации сохраняются значения пикселя в системе RGBA, что позволит нам использовать не только полную цветность изображения, но так же, и прозрачность его пикселей.

Так же, исходя из формата хранимых в теге canvas данных, мы можем упростить метод до одномерного случая, в результате чего мы должны получить матрицу следующего вида:

$$\begin{bmatrix} a_0 & a_1 & a_2 & a_3 \\ d_{0,0} & d_{1.0} & d_{2,0} & d_{3,0} \\ . & . & . & . \\ . & . & . & . \\ d_{0,n-1} & d_{1,n-1} & d_{2,n-1} & d_{3,n-1} \end{bmatrix} \tag{13}$$

Применение модифицированного метода сжатия

На последнем шаге вейвлет преобразования можно провести процедуру выбора значимых коэффициентов разности. Значение отличия цветности некоторых соседних пикселей настолько мало, что его можно приравнять к 0. Определяя процент запоминания наибольших коэффициентов разности, можно существенно уменьшить размер файла, но так же уменьшив его качество. На рисунке 1 приведены изображения с 5%, 10% и 50% сохранением коэффициентов.

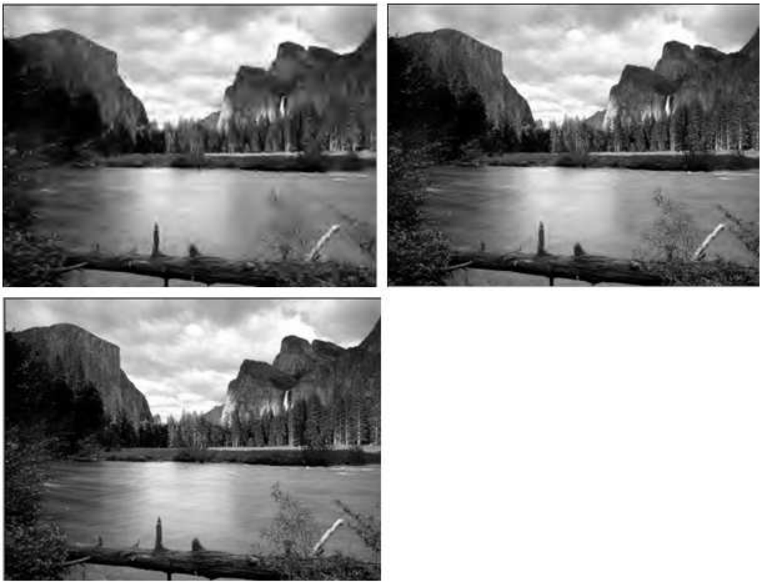

Рис. 1 – Изображения сжатые вейвлетным методом с сохранением коэффициентов 5%, 10% и 50%

Как видим, изображение с сохранением 5% коэффициентов отличается от 10% существенной нечеткостью. Однако 10% мало чем отличается от 50%, что доказывает то, что мы можем отбрасывать большое количество несущественных данных не теряя при это качество изображения.

На таблице 1 приведены размеры одинакового изображения разных форматов распространенных форматов.

Таблица 1

Сравнение размера разных форматов изображений

Формат изображения	bmp	jpeg	png	5%	10%	50%
Размер файла	387Kb	121Kb	233Kb	2 Kb	7,4 Kb	63,6 Kb

Исходным форматом для конвертирования был выбран формат bmp, так как он хранит информацию о пикселях изображения в виде простого двухмерного массива и поэтому занимает больше всего памяти на диске. Как видно из таблицы, формат png плохо подходит для выбранного типа изображения. Наилучшим решением помимо вейвлет преобразования является формат jpeg, с относительно небольшим размером файла и отсутствием искажений и потери качества. Вейвлет преобразование с сохранением 50% коэффициентов для выбранного типа изображения позволяет уменьшить его размер по сравнению с форматом jpeg на 47% при относительно небольшой потере качества. Что позволяет увеличить скорость его загрузки в веб-приложение вдвое.

Выводы

Была рассмотрена методика повышения быстродействия веб-приложений путем сжатия файлов изображений. Задача сжатия решена с помощью модификации метода вейвлет-преобразования изображений в системе RGBA с сохранением 50% разностных коэффициентов. В результате экспериментального исследования показано, что применение данного метода позволяет уменьшить размер файла изображения минимум на 47% в сравнении с остальными распространенными форматами изображений и увеличить скорость его загрузки в веб-приложениях.

Библиографический список

1. Яковлев А.Н. Введение в вейвлет-преобразовани. / А.Н. Яковлев. — Новосибирск: НГТУ, 2003. – 104 с.

2. Уэлстид С. Фракталы и вейвлеты для сжатия изображений в действии: пер. с англ. / С. Уэлстид.— М.:Триумф, 2003. —319 с.

Отримано 15.10.2013 р.

 ISSN 1560-8956