

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
Федерально бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Севастопольский государственный университет»
кафедра Информационных систем

Куркчи Ариф Эрнестович

Институт информационных технологий и управления в технических
системах
курс 3 группа ИС/б-31-о
09.03.02 Информационные системы и технологии (уровень бакалавриата)

Реферат
по дисциплине «Компьютерная графика»
на тему «Алгоритмы сжатия изображений»

Отметка о зачете _____ (дата)

Руководитель практикума

доцент
(должность)

(подпись)

Карлусов В. Ю.
(инициалы, фамилия)

Севастополь 2017

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1. ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СЖАТИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ	4
2. КЛАССИФИКАЦИЯ АЛГОРИТМОВ СЖАТИЯ	6
2.1. Обратимое сжатие (сжатие без потерь).	6
2.2. Необратимое сжатие (сжатие с потерями).	6
3. АЛГОРИТМЫ СЖАТИЯ БЕЗ ПОТЕРЬ	8
3.1. Сжатие способом кодирования серий (RLE)	8
3.2. Сжатие по методу Хаффмана	9
3.3. Алгоритм Лемпеля-Зива (LZ-compression)	10
3.4. Алгоритм Лемпеля-Зива-Велча (Lempel-Ziv-Welch -LZW)	11
3.5. Алгоритм JBIG	11
3.6. Алгоритм Lossless JPEG	12
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	13
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	14

ВВЕДЕНИЕ

В последнее время наблюдается бурное развитие телекоммуникационных систем, предназначенных для приема и передачи видеоданных.

Решение подобной задачи стало возможным благодаря существенному увеличению емкости памяти и вычислительной мощности технических средств, входящих в состав телекоммуникационных систем. В состав таких средств входят универсальная или специализированная ЭВМ, специализированные устройства ввода-вывода изображений, средства для хранения или архивации видеоинформации и соответствующее программное обеспечение. В общем случае комплекс подобных средств должен также обеспечивать ввод, вывод и передачу изображений различной физической природы.

Под вводом изображения понимаются процедуры преобразования исходного изображения к виду, удобному для вычислительной системы. Ввод может производиться как со стандартных периферийных устройств ЭВМ (ВЗУ, сканеров), так и с нестандартных по отношению к ЭВМ устройств. К последним относятся, например, телевизионные камеры и ПЗС-линейки. Под выводом изображения понимается оперативная визуализация на видеомониторе, архивация с целью долговременного хранения и документирование необходимой информации.

Передача изображений включает в себя обмен изображениями между различными блоками системы обработки и обмен изображениями по каналам передачи данных между системой и устройствами, не входящими в ее состав. Следует отметить, что выполнение различных функций может быть возложено на функционально-ориентированные рабочие станции на базе персональных ЭВМ, подключенных к локальной сети с выходом в глобальную сеть.

1. ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СЖАТИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Все методы сжатия информации основаны на том простом предположении, что набор данных всегда содержит избыточные элементы. Сжатие достигается за счет поиска и кодирования избыточных элементов.

Поток данных об изображении имеет существенное количество излишней информации, которая может быть устранена практически без заметных для глаза искажений. При этом различают два типа избыточности.

1.1. Статистическая избыточность связана с корреляцией и предсказуемостью данных. Эта избыточность может быть устранена без потери информации, исходные данные при этом могут быть полностью восстановлены. Наиболее известные методы эффективного кодирования символов основаны на знании частоты каждого символа присутствующего в сообщении.

Зная эти частоты, строят таблицу кодов, обладающую следующими свойствами:

- различные коды могут иметь различное количество бит;
- коды символов с большей частотой встречаемости, имеют меньше бит, чем коды символов с меньшей частотой;
- хотя коды имеют различную битовую длину, они могут быть восстановлены единственным образом, т.е. коды строятся как префиксные.

Этими свойствами обладает известный алгоритм Хаффмана.

1.2. Визуальная (субъективная) избыточность, которую можно устранить с частичной потерей данных, мало влияющих на качество воспроизводимых изображений; это - информация, которую можно изъять из изображения, не нарушая визуально воспринимаемое качество изображений.

Устранение визуальной избыточности изображений является основным резервом сокращения передаваемой информации. Для оптимизации процесса кодирования в целях обеспечения передачи наименьшего объема информации необходимо, с одной стороны, не передавать избыточную информацию, а с другой, - не допустить чрезмерной потери качества изображения.

До сих пор не существует простой и адекватной модели визуального восприятия изображений, пригодной для оптимизации их кодирования.

Задача сжатия изображения состоит из двух основных частей: кодирование и декодирование. Если декодированное изображение всегда в точности соответствует кодируемому изображению, то такой алгоритм кодирования-декодирования называется алгоритмом сжатия без потерь. Если декодированное изображение отличается от закодированного, то подобный алгоритм называют алгоритмом сжатия с потерями.

Рассмотрим этапы процедуры сжатия данных в общем виде. Любой метод сжатия реализует три основных этапа:

- кодирование или первичное сжатие;
- вторичное сжатие;
- декодирование или восстановление изображения.

На первом этапе выполняется преобразование исходных данных из одной формы представления в другую.

На втором этапе компоненты преобразования квантуются и приводятся к виду удобному для статистического кодирования, а затем кодируются. На этом этапе обеспечивается уплотнение информационного потока.

2. КЛАССИФИКАЦИЯ АЛГОРИТМОВ СЖАТИЯ

Существует несколько различных подходов к проблеме сжатия информации. Одни имеют весьма сложную теоретическую математическую базу, другие основаны на свойствах информационного потока и алгоритмически достаточно просты. Любой способ, реализующий сжатие данных, предназначен для снижения объема выходного потока информации помощи обратимого или необратимого преобразования. Поэтому все способы сжатия можно разделить на две категории: обратимое и необратимое сжатие. Методы сжатия цифровых изображений можно классифицировать по их основным характеристикам, таким как: точность восстановления, симметричность основного преобразования и тип используемого преобразования.

2.1. Обратимое сжатие (сжатие без потерь).

Обратимое сжатие всегда приводит к снижению объема выходного потока информации без изменения его информативности, т.е. без потери информационной структуры. Более того, из выходного потока, при помощи восстанавливающего алгоритма, можно получить входной.

2.2. Необратимое сжатие (сжатие с потерями).

Под необратимым сжатием подразумевают такое преобразование входного потока данных, при котором выходной поток, основанный на определенном формате информации, представляет достаточно похожий по внешним характеристикам на входной поток объект, однако отличается от него объемом. Степень сходства входного и выходного потоков определяется степенью соответствия некоторых свойств объектов (т.е. сжатой и несжатой информацией в соответствии с некоторым определенным форматом данных), представляемого данным потоком информации.

Такие алгоритмы используются для сжатия, например, данных растровых графических файлов с низкой степенью повторяемости байтов в потоке. При таком подходе используется свойство структуры формата графического файла и возможность представить графическую картинку приблизительно схожую по качеству отображения (для восприятия человеческим глазом) несколькими способами. Поэтому, кроме степени или величины сжатия, в таких алгоритмах возникает понятие качества, т.к. исходное изображение в процессе сжатия изменяется. Под качеством можно понимать степень соответствия исходного и результирующего изображения. Для графических файлов такое соответствие определяется визуально, хотя имеются и соответствующие формализованные методики, и оценки. Необратимое сжатие невозможно применять в областях, в которых необходимо иметь точное соответствие информационной структуры входного и выходного потоков. Методы сжатия без потерь используются в основном в научных и медицинских приложениях, когда потеря информации недопустима или сами шумы изображения являются главной информацией, например, в системах оценки качества оптико-электронных систем. Коэффициент сжатия, достигаемый этими методами не более 1,5 для реальных сцен. Методы сжатия с потерями позволяют получить существенно большие коэффициенты сжатия. Однако при этом происходит искажение исходного изображения, ухудшение его качества.

В связи с этим при сравнении различных методов сжатия помимо коэффициента сжатия нужно учитывать качество восстановления изображения.

Для симметричных методов сжатия процедуры сжатия и восстановления однотипны. Время сжатия и восстановления для таких методов сравнимы. Для несимметричных методов процедура сжатия отличается от процедуры восстановления и обычно занимает большее машинное время.

В данном реферате рассмотрим алгоритмы сжатия изображений без потерь.

3. АЛГОРИТМЫ СЖАТИЯ БЕЗ ПОТЕРЬ

3.1. Сжатие способом кодирования серий (RLE)

Наиболее известный и простой алгоритм сжатия информации обратимым путем - это кодирование серий последовательностей (Run Length Encoding – RLE). Суть данного подхода состоит в замене цепочек или серий повторяющихся байтов, или их последовательностей на один кодирующий байт и счетчик числа их повторений. Проблема всех аналогичных методов заключается лишь в определении способа, при помощи которого распаковывающий алгоритм мог бы отличить в результирующем потоке байтов кодированную серию от других – не кодированных последовательностей байтов.

Решение проблемы достигается обычно простановкой меток вначале кодированных цепочек. Такими метками могут быть, например, характерные значения битов в первом байте кодированной серии, значения первого байта кодированной серии и т.п.. Лучший, средний и худший коэффициенты сжатия $-1/32$, $1/2$, $2/1$.

Данные методы, как правило, достаточно эффективны для сжатия растровых графических изображений (BMP, PCX, TIFF), т.к. последние содержат достаточно длинных серий повторяющихся последовательностей байтов.

Недостатком метода RLE является достаточно низкая степень сжатия или стоимость кодирования файлов с малым числом серий и, что еще хуже – с малым числом повторяющихся байтов в сериях. К положительным сторонам алгоритма, пожалуй, можно отнести только то, что он не требует дополнительной памяти при работе, и быстро выполняется. Интересная особенность группового кодирования в формате PCX заключается в том, что степень архивации для некоторых изображений может быть существенно

повышена всего лишь за счет изменения порядка цветов в палитре изображений.

3.2. Сжатие по методу Хаффмана

Для текстовых файлов чаще других употребляется кодировка Хаффмана, заключающаяся в том, что символы текста заменяются цепочками бит разной длины. Методика Хаффмана гарантирует однозначное построение кода с наименьшим для данного распределения вероятностей средним числом символов на букву.

Применительно к сжатию изображений в основе такого метода лежит учет частоты появления одинаковых байт в изображении. При этом пикселям исходного изображения, которые встречаются большее число раз сопоставляется код меньшей длины, а встречающимся редко - код большей длины (т.е. формируется префиксный код переменной длины). Для сбора статистики требуется два прохода по файлу - один для просмотра и сбора статистической информации, второй - для кодирования^[1]. Коэффициенты сжатия: 1/8, 2/3, 1.

При использовании такого метода требуется запись в файл и таблицы соответствия кодируемых пикселей и кодирующих цепочек. Такое кодирование применяется в качестве последнего этапа архивации в JPEG. Методы Хаффмана дают достаточно высокую скорость и умеренно хорошее качество сжатия.

Основным недостатком данного метода является зависимость степени сжатия от близости вероятностей символов к величине 2-м, поскольку каждый символ кодируется целым числом бит. Так, при кодировании данных с двух символьным алфавитом сжатие всегда отсутствует, т.к. несмотря на различные вероятности появления символов во входном потоке алгоритм фактически сводит их до 1/2. Такой алгоритм реализован в формате TIFF.

3.3. Алгоритм Лемпеля-Зива (LZ-compression)

Суть данного алгоритма состоит в следующем: упаковщик постоянно хранит некоторое количество последних обработанных символов в буфере. По мере обработки входного потока вновь поступившие символы попадают в конец буфера, сдвигая предшествующие символы и вытесняя самые старые. Размеры этого буфера, называемого также скользящим словарем, варьируются в разных реализациях кодирующих систем. Затем, после построения хеш-таблиц, выделяют (путем поиска в словаре) самую длинную начальную подстроку входного потока, совпадающую с одной из подстрок в словаре, и выдают на выход пару (length, distance), где length - длина найденной в словаре подстроки, а distance - расстояние от нее до входной подстроки (то есть фактически индекс подстроки в буфере, вычтенный из его размера). Если такая подстрока не найдена, в выходной поток просто копируется очередной символ входного потока.

Существует довольно большое семейство LZ-подобных алгоритмов, различающихся, например, методом поиска повторяющихся цепочек. Один из достаточно простых вариантов этого алгоритма, например, предполагает, что во входном потоке идет либо пара <счетчик, смещение относительно текущей позиции>, либо просто <счетчик> “пропускаемых” байт и сами значения байтов.

При разархивации для пары <счетчик, смещение> копируются <счетчик> байт из выходного массива, полученного в результате разархивации, на <смещение> байт раньше, а <счетчик> (т.е. число равное счетчику) значений “пропускаемых” байт просто копируются в выходной массив из входного потока.

Данный алгоритм является несимметричным по времени, поскольку требует полного перебора буфера при поиске одинаковых подстрок. К достоинствам LZ можно отнести чрезвычайную простоту алгоритма декомпрессии.

3.4. Алгоритм Лемпеля-Зива-Велча (Lempel-Ziv-Welch -LZW)

Данный алгоритм отличают высокая скорость работы как при упаковке, так и при распаковке, достаточно скромные требования к памяти и простая аппаратная реализация. Недостаток - низкая степень сжатия по сравнению со схемой двухступенчатого кодирования. Алгоритм преобразует поток символов на входе в поток индексов ячеек словаря на выходе. Существует довольно большое семейство LZW - подобных алгоритмов, различающихся, например, методом поиска повторяющихся цепочек (LZMW^[2], LZAP^[3]). Коэффициенты сжатия: 1/1000, 1/4, 7/5. Коэффициент 1/1000 достигается только на одноцветных изображениях размером больше 4 Мб. Ситуация, когда алгоритм увеличивает изображение, встречается крайне редко. Сжатие обеспечивается за счет одинаковых подцепочек в потоке. Алгоритм является почти симметричным, при условии оптимальной реализации операции поиска строки в таблице. LZW универсален - именно его варианты используются в обычных архиваторах. Он реализован в форматах GIF, TIFF и TGA.

3.5. Алгоритм JBIG

Алгоритм разработан группой экспертов ISO (Joint Bi-level Experts Group) специально для сжатия однобитных черно-белых изображений (например, для факсов или отсканированных документов). В принципе может применяться и к 2-х, и к 4-х битовым картинкам. При этом алгоритм разбивает их на отдельные битовые плоскости. JBIG позволяет управлять такими параметрами, как порядок разбиения изображения на битовые плоскости, ширина полос в изображении, уровни масштабирования. Последняя возможность позволяет легко ориентироваться в базе больших по размерам изображений, просматривая сначала их уменьшенные копии.

Настраивая эти параметры, можно использовать интересный эффект при получении изображения по сети или по любому другому каналу, пропускная способность которого мала по сравнению с возможностями процессора. Распаковываясь изображение на экране будет постепенно, как бы медленно

"проявляясь". При этом человек начинает анализировать картинку задолго до конца процесса разархивации. Алгоритм построен на базе Q-кодировщика, патентом на который владеет IBM. Q-кодер также, как и алгоритм Хаффмана, использует для чаще появляющихся символов короткие цепочки, а для реже появляющихся длинные. Однако, в отличие от него, в алгоритме используются и последовательности символов. Характерной особенностью JBIG является резкое снижение степени сжатия при повышении уровня шумов исходного изображения.

3.6. Алгоритм Lossless JPEG

Этот алгоритм разработан группой экспертов в области фотографии (Joint Photographic Expert Group). В отличие от JBIG, Lossless JPEG ориентирован на полноцветные 24-битные изображения.

Коэффициенты сжатия: $1/20$, $1/2$, 1 . Стандарт сжатия изображений JPEG включает два способа сжатия: первый предназначен для сжатия без потерь, второй – сжатия с потерей качества. Метод сжатия без потерь, используемый в стандарте lossless JPEG основан на методе разностного (дифференциального) кодирования. Основная идея дифференциального кодирования состоит в следующем. Обычно изображения характеризуются сильной корреляцией между точками изображения. Этот факт учитывается при разностном кодировании, а именно, вместо сжатия последовательности точек изображения x_1, x_2, \dots, x_N , сжатию подвергается последовательность разностей $y_i = x_i - x_{i-1}$, $i = 1, 2, \dots, N$, $x_0 = 0$. Числа y_i называют ошибками предсказания x_i . В стандарте lossless JPEG предусмотрено формирование ошибок предсказания с использованием предыдущих закодированных точек в текущей строке и/или в предыдущей строке^[4].

Lossless JPEG рекомендуется применять в тех приложениях, где необходимо побитовое соответствие исходного и разархивированного изображений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обобщив алгоритмы сжатия изображений без потерь можно сделать их обобщенную характеристику. С одной стороны, приведенные алгоритмы достаточно универсальны и покрывают все типы изображений, с другой - они, по сегодняшним меркам, обеспечивают слишком маленький коэффициент архивации. Используя один из алгоритмов без потерь, можно обеспечить коэффициент архивации изображения примерно в два раза.

Сжатие данных без потерь используется во многих приложениях. Например, оно используется во всех файловых архиваторах. Оно также используется как компонент в сжатии с потерями.

Сжатие без потерь используется, когда важна идентичность сжатых данных оригиналу. Обычный пример — исполняемые файлы и исходный код. Некоторые графические файловые форматы (например PNG) используют только сжатие без потерь, тогда как другие (TIFF, MNG или GIF) могут использовать сжатие как с потерями, так и без потерь.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алгоритм Хаффмана на пальцах [Электронный ресурс]. – <https://habrahabr.ru/post/144200/>
2. Victor S. Miller, Mark N. Wegman, *Variations on a theme by Ziv and Lempel*, Combinatorial algorithms on words. – Springer Berlin Heidelberg, 1985. – С. 131-140.
3. James A. Storer, *Data Compression: Methods and Theory*, Rockville, MD, Computer Science Press, 1988.
4. JPEG-LS. Сжатие изображений с потерями и без [Электронный ресурс]. – <http://rain.ifmo.ru/cat/view.php/theory/data-compression/jpeg-2006>