

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО СВЯЗИ

Московский технический университет связи и информатики

Кафедра телевидения

Лабораторная работа № 61

Исследование метода внутрикадрового сжатия спектра ТВ изображений.

Москва 2009

Лабораторная работа.

Исследование метода внутрикадрового сжатия спектра ТВ
изображений.

Составители: Балобанов А.В.,
Власюк. И.В.

Издание учреждено советом факультета РИТ. Протокол №2 от
16 апреля 2009 г.

Рецензент В.Н. Безруков, профессор

План лабораторной работы.

1. Цель работы.
2. Описание лабораторного макета.
3. Теоретический материал.
4. Порядок выполнения лабораторной работы.
5. Содержание отчёта.
6. Вопросы к защите лабораторной работы.
7. Литература.

1. Цель лабораторной работы.

В данной работе исследуются основные методы цифровой обработки сигнала, применяемые при реализации алгоритма сжатия статичных цветных изображений JPEG.

2. Описание лабораторного макета.

Данная работа выполняется студентами на персональной ЭВМ типа IBM PC. Лабораторная работа представляет собой программный пакет, состоящий из исполняемого файла и набора графических изображений в формате bmp-файлов. Файл lab.exe специально разработан для операционной системы Windows'95-2000, XP.

Лабораторная работа имеет стандартный пользовательский графический интерфейс, схожий с интерфейсом большинства Windows-приложений. На рис. 1 представлен внешний вид программы лабораторной работы.

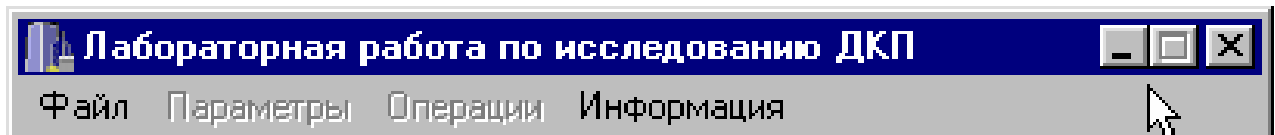


Рисунок 1. Интерфейс лабораторной работы.

На этом рисунке в строке меню расположено четыре меню команд: «Файл», «Параметры», «Операции» и «Информация».

Меню команды «Файл» содержит следующие пункты: «Открыть», «Сохранить» и «Выход», предназначенные для работы с обрабатываемыми изображениями.

Меню команды «Параметры» содержит следующие пункты: «YUV преобразование» и «Настройка матриц», предназначенные для установки условий цифровой обработки изображений.

Меню команды «Операции» содержит следующие пункты: «Преобразование», «Разность с исходным» и «Визуализация коэффициентов», предназначенные для проведения соответствующих операций цифровой обработки изображений.

Меню команды «Информация» содержит следующие пункты: «Математика», «Архитектура JPEG» и «О программе» в которых приводятся некоторые сведения о принципах работы JPEG, математическом описании проводимых преобразований и т. п.

3. Теоретический материал.

Метод сжатия видеоизображений JPEG

В настоящее время широкое распространение получил стандарт JPEG (Joint Photographic Expert Group), который обеспечивает сжатие полутоновых и цветных изображений, вплоть до тридцатикратного и при этом потери качества незначительны. JPEG выполняет следующие требования:

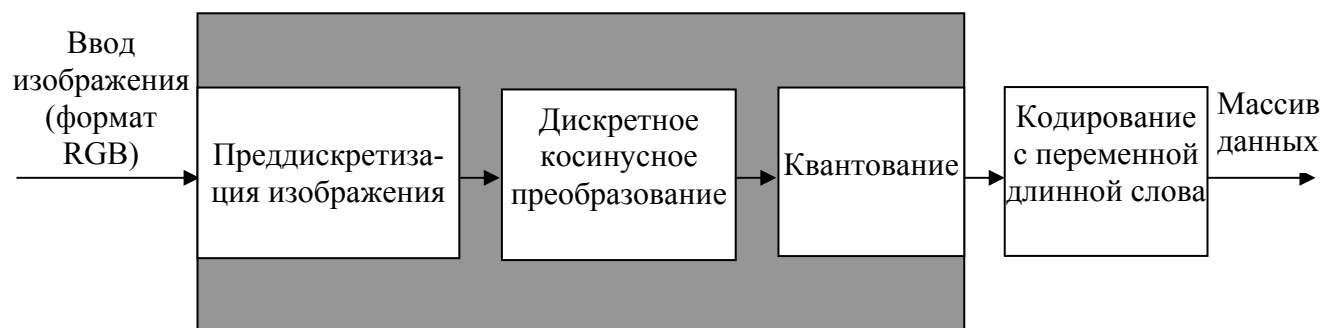
- адаптивность выбора параметров с целью получения наилучшего соотношения коэффициент компрессии/качество восстановленного изображения;
- универсальность типов сжимаемых изображений;
- приемлемая вычислительная сложность процедуры кодирования;
- пространственно-поступательная обработка, обработка с последующим углублением чёткости, возможность сжатия без потерь, обеспечение многоуровневого кодирования.

Межкадровое сжатие (предсказание движения) в стандарте отсутствует.

Стандарт позволяет сжимать подвижные изображения путём сжатия каждого отдельного кадра видеопоследовательности (используется модификация стандарта JPEG – MJPEG). Но в этом случае сжатие не является оптимальным, т. к. отсутствует механизм межкадрового кодирования и компенсации движения. То есть основное сокращение избыточности идёт за счёт операций квантования и кодирования по Хаффману. Поэтому коэффициент

сжатия видеопотока обычно не превосходит 20-30, при превышении этой величины появляются хорошо заметные искажения [1, 2].

На рис. 2 приведена обобщённая структурная схема работы алгоритма кодирования JPEG.



■ - этапы, моделируемые в данной лабораторной работе

Рисунок 2. Обобщённая схема кодирования видеоинформации по методу JPEG.

Декодирование проходит в обратном порядке.

Преддискретизация

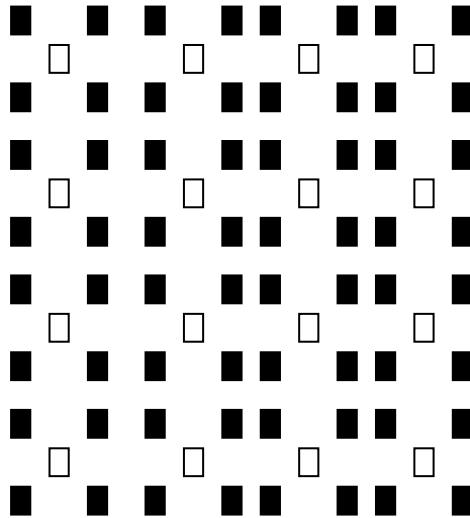
При выполнении операции преддискретизации изображение из формата RGB YUV (канал яркости, и две цветоразностные компоненты). Согласно наиболее распространенной схеме CCIR-601 применяются следующие формулы (однако, возможны другие варианты):

$$Y = 0.299 \cdot R + 0.587 \cdot G + 0.114 \cdot B$$

$$U = 0.564 \cdot (B - Y)$$

$$V = 0.649 \cdot (R - Y)$$

Далее проводится перевод формата представления 4:4:4 в наиболее часто применяемый формат 4:2:2, в котором изображение делится на квадратные блоки размером 8x8 элементов: каждый элемент изображения описывается одной яркостной и двумя цветоразностными компонентами. (рис. 3).



■ Яркостная компонента □ Цветоразностная компонента

Рисунок 3. Расположение яркостных и цветоразностных компонент в фрагменте изображения при использовании формата 4:2:0.

Благодаря этому преобразованию существенно сокращается начальный объём данных.

Дискретно-косинусное преобразование

ДКП (дискретно-косинусного преобразование) – это одна из разновидностей БПФ (быстрых преобразований Фурье). Суть данной операции состоит в том, что из набора значений некоторой величины (например, яркости) получают частоту ее изменения по разным направлениям.

Дело в том, что медленные изменения гораздо заметнее быстрых (т. е. низкочастотные составляющие сигнала успешнее фиксируются зрительным аппаратом человека, чем высокочастотные). Поэтому при JPEG-сжатии прежде всего теряется высокочастотная составляющая.

Двухмерное прямое ДКП применяется к блоку значений Y , U или V размером 8×8 , и описывается формулой:

$$F(u, v) = \frac{1}{4} \cdot C_u \cdot C_v \cdot \left(\sum_{x=0}^7 \sum_{y=0}^7 f(x, y) \cdot \cos \frac{(2 \cdot x + 1) \cdot u \cdot \pi}{16} \cdot \cos \frac{(2 \cdot y + 1) \cdot v \cdot \pi}{16} \right)$$

где $C_u, C_v = \begin{cases} 1/\sqrt{2}, & \text{при } u = 0, v = 0 \\ 1, & \text{при } u \neq 0, v \neq 0 \end{cases}$

В результате мы имеем тоже блок размером 8x8, но уже не значений яркости или цветности, а частот. Величина F(0,0) это нулевая частота, то есть постоянная составляющая, F(7,0) - очень быстрые изменения по горизонтали и их отсутствие по вертикали; F(7,7) - максимальная частота по обоим направлениям.

Таким образом, на выходе операции ДКП получаем 64 числа. Первым идет F(0,0), он называется DC-коэффициентом (постоянная составляющая), остальные 63 значения – AC-коэффициенты.

Восстановление исходных данных происходит с помощью обратного ДКП; если вычисления идут с достаточной точностью, то эта стадия JPEG-сжатия также не вносит потерь.

Ниже приведен пример прямого ДКП.

Исходные данные

```
139 144 149 153 155 155 155 155
144 151 153 156 159 156 156 156
150 155 160 163 158 156 156 156
159 161 161 160 160 159 159 159
159 160 161 162 162 155 155 155
161 161 161 161 160 157 157 157
161 162 161 163 162 157 157 157
162 162 161 161 163 158 158 235
```

Результат ДКП

```
235,6   -1  -12,1  -5,2   2,1  -1,7  -2,7   1,3
-22,6  -17,5  -6,2  -3,2  -2,9  -0,1   0,4  -1,2
-10,9  -9,3   -1,6   1,5   0,2  -0,9  -0,6  -0,1
-7,1   -1,9   0,2   1,5   0,9  -0,1   0   0,3
-0,6   -0,8   1,5   1,6  -0,1  -0,7   0,6   1,3
 1,8   -0,2   1,6  -0,3  -0,8   1,5   1   -1
-1,3   -0,4  -0,3  -1,5  -0,5   1,7   1,1  -0,8
-2,6   1,6  -3,8  -1,8   1,9   1,2  -0,6  -0,4
```

Необходимо отметить, что ДКП – самая медленная операция во всем JPEG-сжатии; именно на нее приходится большая часть времени работы кодера.

Квантование

Квантование – приведение каждого полученного коэффициента ДКП к одному из фиксированного набора значений, называемого шкалой квантования. Квантование приводит к потерям качества, связанного с так называемой ошибкой квантования.

Квантование заключается в делении каждого коэффициента (DC или AC) на некоторое число с округлением до целого. В каждой таблице 64 числа. Набор значений делителей называется матрицей или таблицей квантования. Чем больше числа, тем больше в результате деления DC и AC-коэффициентов будет нулевых значений, а значит, сильнее сжатие и заметнее потери.

Результатом квантования является матрица:

$$F(q) = \text{IntegerRound}\left(\frac{F(u,v)}{Q(u,v)}\right),$$

где $Q(u, v)$ – элемент матрицы квантования, являющийся величиной шага квантования соответствующего коэффициента.

Ниже приведён пример квантования:

Ранее полученный результат ДКП

235,6	-1	-12,1	-5,2	2,1	-1,7	-2,7	1,3
-22,6	-17,5	-6,2	-3,2	-2,9	-0,1	0,4	-1,2
-10,9	-9,3	-1,6	1,5	0,2	-0,9	-0,6	-0,1
-7,1	-1,9	0,2	1,5	0,9	-0,1	0	0,3
-0,6	-0,8	1,5	1,6	-0,1	-0,7	0,6	1,3
1,8	-0,2	1,6	-0,3	-0,8	1,5	1	-1
-1,3	-0,4	-0,3	-1,5	-0,5	1,7	1,1	-0,8
-2,6	1,6	-3,8	-1,8	1,9	1,2	-0,6	-0,4

Матрица квантования

16	11	10	16	24	40	51	61
12	12	14	19	26	58	60	55
14	13	16	24	40	57	69	56
14	17	22	29	51	87	80	62
18	22	37	56	68	109	103	77
24	35	55	64	81	104	113	92
49	64	78	87	103	121	120	101
72	92	95	98	112	100	103	99

Результат квантования

```
15 0 -1 0 0 0 0 0
-2 -1 0 0 0 0 0 0
-1 -1 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
```

Важной характеристикой квантования является отношение сигнал/шум. Это отношение среднеквадратического значения входного сигнала к среднеквадратическому значению «шума», который определяется как сумма всех остальных спектральных компонент, но исключая постоянную составляющую, для входного сигнала (-1 дБ) от полной шкалы.

Кодирование с переменной длиной

Дальнейшее сокращение информации достигается использованием кодирования с переменной длиной слова. Эффективность этого алгоритма основывается на том, что разные уровни на выходе квантователя появляются с разной частотой, что и позволяет, представляя их кодовыми словами разной длины, сократить общий битовый поток. Процедура кодирования содержит три этапа: зигзаг-сканирование матрицы F_q , групповое кодирование и кодирование с переменной длиной слова по Хаффману. Зигзаг-сканирование матрицы $F_q(u, v)$ (см. рис. 4) преобразует матрицу в одномерный массив. Такая траектория сканирования обеспечивает расположение в начальных элементах одномерного массива низкочастотных (наиболее значимых) компонент массива коэффициентов ДКП. Групповое кодирование преобразует одномерный массив в массив пар символов {символ1, символ2}, где символ1 означает количество нулевых коэффициентов, предшествующих очередному ненулевому; символ2 – величину очередного ненулевого коэффициента ДКП. Массив полученных таким образом пар значений сжимается по Хаффману. Далее из полученных значений формируется массив данных, который и представляет собой файл формата JPEG.

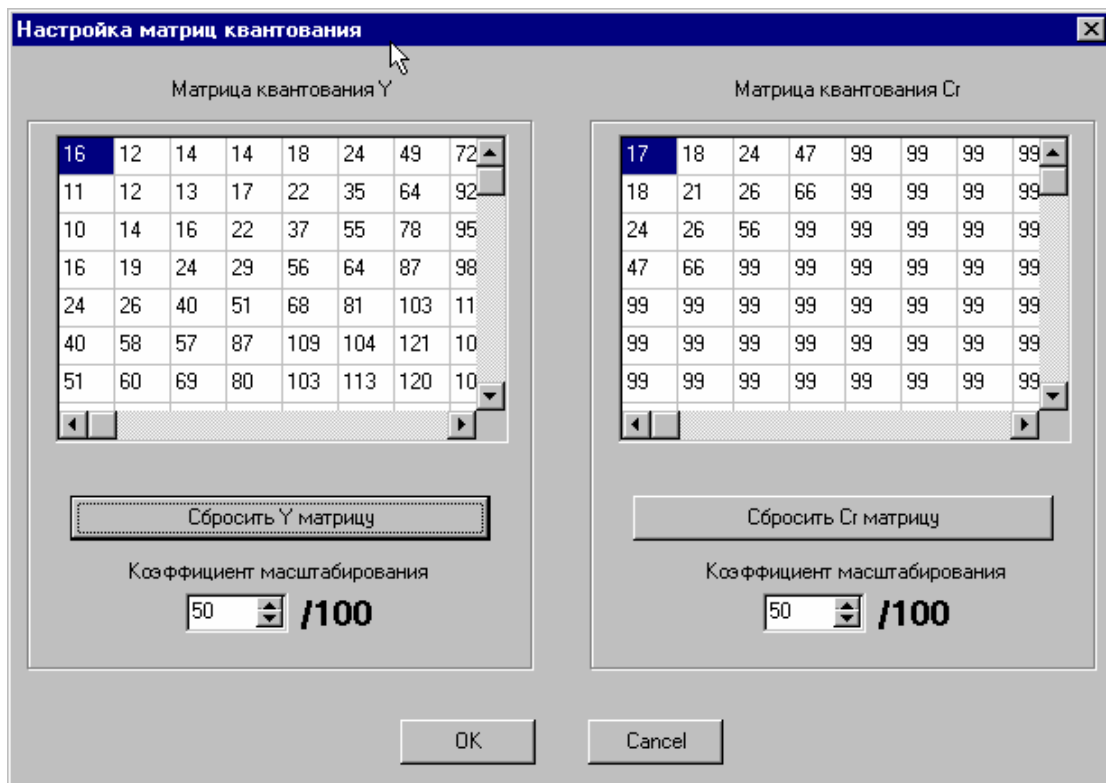


Рисунок 5 Окно «Настройка матриц».

6. Для проведения операции дискретно-косинусного преобразования выполните команду «Преобразование» из меню «Операции».
7. Сохраните обработанное изображение с помощью команды «Сохранить» меню «Файл».
8. В меню «Операции» выполните команду «Разность с исходным». На экране появится окно, содержащее визуальное представление отличия между исходным и восстановленным изображением.
9. Для наглядного представления коэффициентов матрицы преобразования необходимо выполнить команду «Визуализация коэффициентов» из меню «Операции». После выполнения данной процедуры на экране появится окно, содержащие обработанное изображение, разбитое на блоки. Яркость в каждом блоке может быть неоднородна: нулевые элементы в матрице преобразования представлены чёрным цветом, а значащие элементы – серым цветом (чем больше элемент матрицы, тем светлее цвет)

Устранение цветовой избыточности изображения

1. Откройте файл ИЗОБРАЖЕНИЕ2.bmp.
2. Выставьте стандартные значения матриц квантования (коэффициент масштабирования должен быть равен единице).
3. Проведите дискретно-косинусное преобразование. Сохраните преобразованное изображение.

4. Повторите пп. 1-3 для формата YUV 4:2:2. В отчёте укажите характер изменений, произошедших после проведения преобразования.
5. Повторите пп. 1-3 для формата YUV 4:2:0. В отчёте укажите характер изменений, произошедших после проведения преобразования
6. Напишите выводы, объясняющие полученные результаты.

Устранение визуальной пространственной избыточности

1. Откройте файл ИЗОБРАЖЕНИЕ1.bmp.
2. Выставьте стандартные значения матриц квантования для Y и Cr (коэффициент масштабирования должен быть равен единице).
3. Проведите дискретно-косинусное преобразование. Запишите полученный коэффициент сжатия и отношение сигнал/шум. Сохраните преобразованное изображение.
4. Проведите операцию вычитания преобразованного изображения из исходного. Убедитесь в наличии разницы.
5. Повторите пп. 1-4 для коэффициентов масштабирования матриц квантования яркостного и цветоразностных сигналов 0,1; 0,5; 5; 20. Составьте таблицу, как показано на рисунке.

№ п/п	Коэффициент масштабирования для матриц квантования Y и Cr	Коэффициент сжатия	Отношение сигнал/шум (дБ)
1	1		
2	0,1		
...	...		
5	20		

6. По полученным ранее значениям начертите график зависимости коэффициента сжатия от коэффициента масштабирования матрицы квантования.
7. По полученным ранее значениям начертите график зависимости отношения сигнал/шум от коэффициента масштабирования матрицы квантования.
8. Напишите выводы, объясняющие полученные результаты.

Исследование влияния матрицы квантования на конечный результат

1. Закройте ранее открытые изображения и откройте файл ИЗОБРАЖЕНИЕ3.bmp.
2. Осуществите переход от RGB 4:4:4 к YUV 4:2:0.
3. В первой четверти (левый верхний угол) матрицы квантования Y выставьте единичные значения, остальные значения поставьте

равными 100, а в матрице C_r все значения измените на единицы. Проведите дискретно-косинусное преобразование.

4. Дайте оценку качеству результата по пятибалльной шкале.
5. Выполните команду «Визуализация коэффициентов». Внимательно ознакомьтесь с результатом.
6. Повторите пп. 1-5 для следующих условий: в матрице Y в четвёртой четверти (правый нижний угол) должны располагаться единицы, остальные значения должны быть равны 100, а в матрице C_r все значения должны быть равны 1.
7. Напишите выводы о полученных результатах.

5. Содержание отчёта

1. Название работы, ФИО студента, номер группы, номер бригады.
2. Цель работы.
3. Структурная схема кодера JPEG.
4. Результаты экспериментов, как это указывает «Порядок выполнения работы»
5. Необходимые выводы по проводимой работе.

6. Вопросы к защите лабораторной работы

1. Структурная схема кодера JPEG. Состав её элементов и их назначение.
2. Виды видеоинформационной избыточности и методы её устранения.
3. Какие частоты сильнее воспринимаются глазом человека? Каким образом в методе JPEG используется психофизиология зрения?
4. Конечность спектра реального сигнала. Эффект Гиббса.
5. Дискретно-косинусное преобразование
6. Операция квантования. Коэффициент масштабирования. Шум квантования. Z-упорядочивание.
7. Достоинства и недостатки метода JPEG в применении к телевидению.
8. Почему используют дискретно-косинусное преобразование, а не дискретно-синусное?
9. Расскажите, какие существуют виды преобразований кроме ДКП и дайте их краткое описание.
10. Какие виды искажений наблюдались в ходе выполнения лабораторной работы? Дайте объяснение их появлению.

7. Литература

1. Зубарев Ю. Б., Дворкович В. П. и др. Цифровая обработка телевизионных и компьютерных изображений. - М.: Международный центр научной и технической информации, 1997.
2. Синепол В. С., Цикин И. А. Системы компьютерной видеоконференцсвязи. – М.: Мобильные коммуникации, 1997