

## КОДИРОВАНИЕ КАДРОВ ВИДЕОПОТОКА ПО АЛГОРИТМУ MOTION JPEG НА БАЗЕ ПРОЦЕССОРНОГО ЯДРА ARM CORTEX-M4

Гаврилова В.В., Протько И.А.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
г. Минск, Республика Беларусь

Ролч О.Ч. – канд.техн.наук, доцент

Проанализирована возможность применения алгоритма Motion JPEG компрессии кадров видеопотока на базе микроконтроллера STM32F407 с ядром ARM Cortex-M4.

Для эффективной передачи видеопотока по каналам связи его необходимо закодировать особым образом. Изображение в видео состоит из отдельных кадров, которые меняются с определенной частотой. Кадр кодируется как растровое изображение, то есть разбивается на множество пикселей. Закодировав отдельные кадры и собрав их вместе, можно описать все видео.

В основе кодирования цветного видео лежит известная модель представления цвета изображения RGB. В телевидении же - YUV. В такой модели цвет кодируется с помощью яркостной Y и двух цветоразностных (U и V) составляющих. Цветоразностная составляющая образуется путем вычитания из яркостной составляющей красного и зеленого цвета.

Если представить каждый кадр изображения как отдельный рисунок, то видеоизображение будет занимать очень большой объем. Поэтому на практике используются различные алгоритмы сжатия для уменьшения скорости и объема потока видеoinформации [1].

Существует два вида сжатия видеoinформации:

1. Покадровое сжатие обрабатывает каждый кадр видеозаписи как отдельное неподвижное изображение. Данная технология отличается хорошим качеством видео, однако уменьшение размера видеофайла незначительное.
2. Межкадровое сжатие работает по противоположному принципу: при обработке сигнала, анализируется весь кадр, но сохраняются только ключевые изменения из кадра в кадр. Это позволяет существенно уменьшить размер.

Motion JPEG (MJPEG) — покадровый метод видеосжатия, основной особенностью которого является сжатие каждого отдельного кадра видеопотока с помощью алгоритма сжатия изображений JPEG.

При использовании алгоритма сжатия MJPEG средний коэффициент сжатия видеосигнала составляет около 1:5, а скорость передачи видео с разрешением 720x576 пикселей – до 5 Мбит/с [2].

MJPEG широко применяется в следующих областях:

- нелинейный видеомонтаж;
- IP-камеры;
- MJPEG имеет встроенную поддержку в QuickTimePlayer, консоли PlayStation и браузерах: Safari, GoogleChrome и MozillaFirefox.

Motion JPEG использует внутрикадровое сжатие с потерями на основе дискретного косинусного преобразования (ДКП). Эта математическая операция преобразует каждый кадр/поле изображения из пространственной области в частотную. Квантованные коэффициенты ДКП без потерь упаковываются в выходной битовый поток с использованием кодов Хаффмана либо с помощью арифметического кодирования. Почти все программные реализации MJPEG позволяют пользователям контролировать степень сжатия изменяя качество изображения и размера файла.

В MJPEG применяется схема только внутрикадрового сжатия. В то время, как современные видеоформаты с межкадровым сжатием: MPEG1, MPEG2, H.264/MPEG-4 AVC и другие, имеют в среднем коэффициенты сжатия 1:50 и более, отсутствие в MJPEG межкадрового сжатия не позволяет получать коэффициенты сжатия, превосходящие 1:20. Так как кадры сжимаются независимо друг от друга, MJPEG требует меньше вычислительных ресурсов и оперативной памяти на этапе кодирования. Однако, декодирование MJPEG может оказаться более затратным, чем при использовании межкадрового сжатия, поскольку, во-первых, предполагает полное декодирование в MJPEG каждого макроблока изображения, тогда как при использовании схем с межкадровым сжатием часть макроблоков, помеченных как «skip», не декодируется, а берётся из предыдущих кадров. Во-вторых, время выполнения декодирования Хаффмана и обратного ДКП зависит от информационной насыщенности декодируемого блока изображения, которая при отсутствии межкадрового сжатия оказывается значительно большей, чем при его наличии.

При внутрикадровой схеме сжатия в MJPEG качество изображения зависит непосредственно от статической (пространственной) сложности каждого видеокadra. Кадры с большими гладкими переходами или монотонными областями хорошо сжимаются, но при слишком высоких степенях сжатия содержат, помимо оригинальных деталей, видимые артефакты сжатия в виде блоков размером 8x8 пикселей, несколько отличающиеся по яркости и оттенку цвета. Появление их связано с грубым квантованием низкочастотных коэффициентов ДКП. Кадры, имеющие сложные текстуры, тонкие кривые линии, помимо артефактов блочности содержат также артефакты, проявляющиеся в виде шума вокруг тонких линий и на резких границах (так называемый эффект Гиббса), связанные с грубым квантованием высокочастотных коэффициентов ДКП.

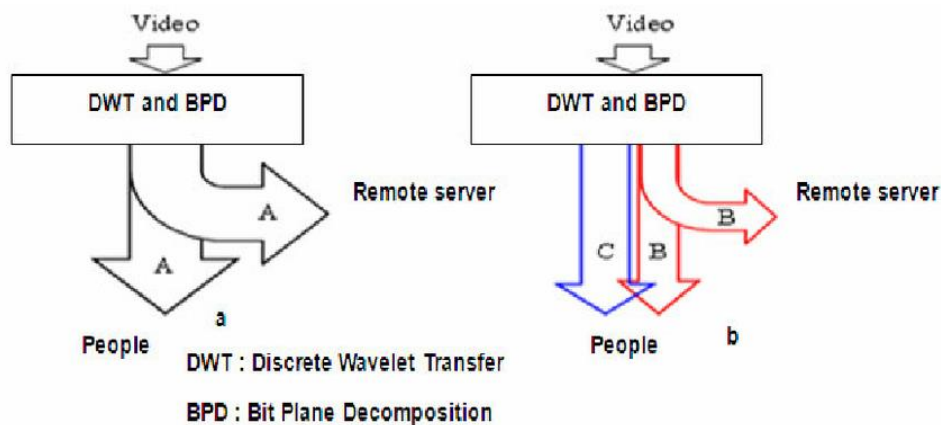


Рисунок 1 – Диаграмма состояния реализации процесса MJPEG

Основные преимущества MJPEG компрессии:

1. Возможность выбора степени сжатия.
2. Сравнительно небольшая потребность в ресурсах для кодирования и декодирования.
3. Наиболее эффективен при низкоскоростной записи (1-2 кадр/сек).
4. Простота реализации.
5. Чрезвычайно быстрый нелинейный видеомонтаж.

Основные недостатки MJPEG компрессии:

1. При повышении степени сжатия, изображение распадается на отдельные квадраты (8×8). Это связано с тем, что происходят большие потери в низких частотах при квантовании, и восстановить исходные данные становится невозможно.
2. Проявляется эффект Гиббса.
3. Более низкая степень компрессии потокового видеоизображения по сравнению с алгоритмами дельта компрессии семейства MPEG.

В 2007 году около 98 % мобильных телефонов были оснащены, по крайней мере, одним процессором ARM. По состоянию на 2009, на процессоры ARM приходилось до 90 % всех встроенных 32-разрядных процессоров. Процессоры ARM широко используются в потребительской электронике — в том числе смартфонах, плеерах, портативных игровых консолях, калькуляторах, умных часах и компьютерных периферийных устройствах, таких, как жесткие диски или маршрутизаторы. Эти процессоры имеют низкое энергопотребление, поэтому и преобладают на рынке мобильных устройств, для которых данный фактор немаловажен.

Вариант микроконтроллерного ядра Cortex-M4 оснащен DSP-инструкциями. Это существенно ускоряет обработку потоковых данных, что в свою очередь делает его весьма привлекательным для использования в системах управления и обработки информации. Возможности DSP, входящего в состав M4, позволяют параллельно выполнять четыре операции сложения/вычитания для 8-ми разрядных чисел или две операции сложения/вычитания с 16-ти разрядными операндами. Также реализовано умножение за один цикл [3].

Цифровой интерфейс DCMI камеры представлен только в сериях STM32F407xx и STM32F417xx. DCMI позволяет соединить микроконтроллер с камерами CMOS через параллельный 8/10/12/14-битный интерфейс. Доступны внутренняя и внешняя синхронизация кадров и строк, работа в непрерывном или покадровом режиме и функция обрезки изображения [4].

MJPEG это быстрый поток изображений JPEG, которые могут быть воспроизведены с достаточно высокой скоростью, создавая при этом иллюзию движения. Поскольку зависимость между отдельными последовательными кадрами не берется в расчет, такой способ позволяет получить только относительно небольшой уровень сжатия. Эта нетребовательность к вычислительным ресурсам делает MJPEG привлекательным для большинства компактных цифровых видеоустройств, в том числе, на базе микроконтроллерной архитектуры ARM Cortex-M4.

**Список использованных источников:**

1. Средства и технологии обработки видеoinформации [Электронный ресурс]. – Электронные данные. Режим доступа: [http://elbook.elisdn.ru/pages/lesson\\_02/page\\_02.html](http://elbook.elisdn.ru/pages/lesson_02/page_02.html)
2. JPEG и M-JPEG в видеонаблюдении [Электронный ресурс]. – Электронные данные. Режим доступа: <https://www.powervideo.ru/slovar/jpeg-m-jpeg.html>
3. Микроконтроллеры Cortex-M0/M3/M4 [Электронный ресурс]. – Электронные данные. Режим доступа: <https://mcscru.ru/index.php/controllers/mcu/113-mikrokontrollery->
4. Самый производительный микроконтроллер на ядре Cortex-M4 [Электронный ресурс]. – Электронные данные. Режим доступа: [https://www.kit-e.ru/assets/files/pdf/2012\\_5\\_96.pdf](https://www.kit-e.ru/assets/files/pdf/2012_5_96.pdf)