

Оценка качества работы видео декодеров стандарта MPEG-2 при работе в ненадежной среде передачи данных

Д.Л. Куликов, Д.С. Ватолин,
Московский государственный университет, Москва, Россия
{dkulikov, dmitriy}@graphics.cs.msu.ru

Аннотация

В данной статье рассмотрены вопросы оценки качества декодированного видео при использовании декодеров стандарта MPEG-2¹ при передаче через канал, подверженный влиянию шума с бинарным распределением. Описана методика проведения подобных тестирований. Выполнена оценка качества работы декодеров с использованием объективных метрик, визуальное сравнение и проведен анализ результатов.

Ключевые слова: MPEG-2, video decoding, error tolerance, satellite transmitting, noise.

1. ВВЕДЕНИЕ

Основной задачей при передаче цифрового видео на расстояние является оптимальное с точки зрения $rate/distortion$ (эффективность кодирования) кодирование сигнала на передающем устройстве и успешное декодирование на принимающем. Для реализации правильного декодирования сигнала, прошедшего через ненадежную среду передачи данных, применяются различные схемы восстановления после ошибок. Основным стандартом кодирования видео при передаче через спутниковые каналы является MPEG-2 [3], [4]. В тексте стандарта нет четко прописанных схем работы в ненадежной среде передачи данных, стандарт дает только рекомендации для таких случаев. Поэтому производители декодеров применяют различные способы устранения ошибок, которые по-разному влияют на эффективность работы с искаженным потоком.

Целью данной статьи является оценка качества работы декодеров стандарта MPEG-2 от ведущих производителей при декодировании сигнала, прошедшего через канал с шумом, при помощи предложенной методики.

2. СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

2.1 Обоснование подхода

Стандарт кодирования видео MPEG-2 широко используется в основном в двух областях: для передачи видео через спутник и хранения видео на DVD-носителях. Поскольку сигнал, переданный через спутник, искажается сильнее, чем записанный на DVD-диск, то для целей работы был выбран первый случай – передача через спутник.

Самой распространенной моделью шума в спутниковом канале [1], [2] является модель AWGN (Additive White

Gaussian Noise) – аддитивный белый гауссовский шум. Базовыми методами цифровой модуляции сигнала для передачи через спутник являются: Binary Phase-Shift Keying (BPSK) и Quadrature Phase-Shift Keying (QPSK)

При использовании любого из этих методов вероятность того, что каждый бит данных будет неправильно передан (инвертирован) равна

$$P_b = Q\left(\sqrt{\frac{2E_b}{N_0}}\right), \quad (1)$$

где E_b – количество энергии сигнала на бит; $N_0/2$ – спектральная плотность мощности шума (Вт/Гц); $Q(x)$ показывает вероятность того, что случайная переменная с гауссовским распределением будет больше x .

В итоге, зная точные значения переменных E_b и N_0 , можно получить точные значения вероятности искажения данного бита сигнала.

Для целей, поставленных в данной работе, достаточно знать хотя бы порядок вероятности появления ошибки. В проведенной работе были использованы следующие вероятности 10^{-4} , 10^{-5} , 10^{-6} , как достаточно близкие к реальным [6].

При передаче закодированного видео MPEG-2 используется два типа потоков:

- Program Stream (программный поток) – используется для хранения и передачи данных через надежные среды передачи. Основное использование – хранение на DVD.
- Transport Stream (транспортный поток) – используется для передачи данных через ненадежные среды передачи. Основное использование – передача видео через локальную сеть и спутник.

Для целей работы анализировался транспортный поток, так как он чаще используется при передаче через ненадежные среды передачи данных.

2.2 Методика проведения тестирования

Для проведения работ по тестированию декодеров, предложенных в статье, была разработана следующая методика:

1. Исходная видеопоследовательность кодируется одним из распространенных кодеров MPEG-2. Кодирование производится в Elementary Stream (элементарный поток), который является основой для других типов потоков [4].

¹ Кодеки данного стандарта применяются для сохранения видео на DVD и трансляции через спутник.

2. Элементарный поток преобразуется в транспортный поток. Это делается при помощи утилиты Eleafcard Xmuxer Pro.
3. Транспортный поток при помощи специально написанной утилиты подвергается искажениям (инверсия битов) с заданной вероятностью с бинарным законом распределения.
4. Искаженный поток подается на вход различным декодерам.
5. Полученные декодированные потоки сравниваются с декодированным неискаженным потоком. При сравнении используется авторская утилита вычисления объективных метрик качества видео².
6. Пункты 3-5 повторяются 100 раз, полученные данные усредняются.

Применяя данную методику удастся достаточно точно смоделировать влияние искажений на передаваемое видео, причем за счет повторных запусков можно полнее оценить средние искажения. Достоинствами данной методики являются простота и возможность автоматизации процесса проведения тестирования.

На рис. 1 показана общая схема проведения тестирования.

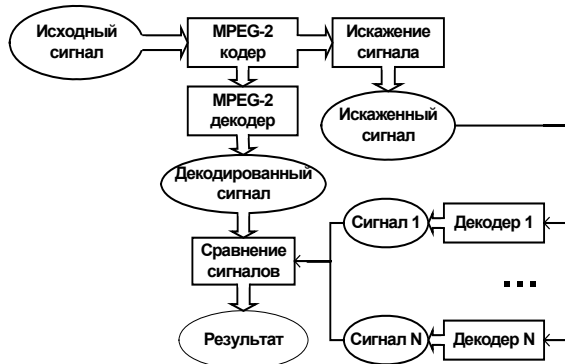


Рис. 1. Схема проведения тестирования

2.3 Программные средства

В работе использовались восемь самых популярных программных декодеров стандарта MPEG-2. Это декодеры:

- bitcontrol MPEG-2 Video Decoder;
- DScaler MPEG2 Video Decoder;
- Eleafcard MPEG-2 Video Decoder;
- ffmpeg MPEG-4 Video Decoder;
- InterVideo Video Decoder;
- Ligos MPEG Video Decoder;
- MainConcept MPEG Video Decoder;
- Pinnacle MPEG-2 Decoder.

В работе использовались большое количество дополнительных программ и утилит, в том числе и написанных авторами.

² MSU Video Quality Measurement Tool – http://compression.ru/video/quality_measurement/video_measurement_tool.html

Исследование проводилось с использованием следующих видеопоследовательностей:

- “Foreman” – стандартная видеопоследовательность для тестирования методов обработки видео и кодеков.
- “Battle” – видеопоследовательность из фильма Терминатор-2, характеризующаяся сильным движением, частыми сменами сцен и яркими вспышками.

2.4 Используемые объективные метрики

Основной метрикой для объективной оценки качества декодированных последовательностей была метрика PSNR, применяемая к Y-компоненте, как наиболее значимой для человеческого восприятия.

Для двух изображений X и Y значения метрики вычисляется по следующей формуле:

$$d(X, Y) = 10 \cdot \log_{10} \frac{255^2 \cdot n^2}{\sum_{i=1, j=1}^{n, n} (x_{ij} - y_{ij})^2} \quad (2)$$

3. РЕЗУЛЬТАТЫ

3.1 Усредненные результаты по 100 запускам

В результате проведенных работ было получено большое количество экспериментальных данных. Ниже приведены некоторые из полученных результатов.

График на рис. 2 показывает средние значения метрики Y-PSNR. Усреднение проводилось как по кадрам для каждой из последовательностей, так и для каждой вероятности ошибок среди 100 запусков.

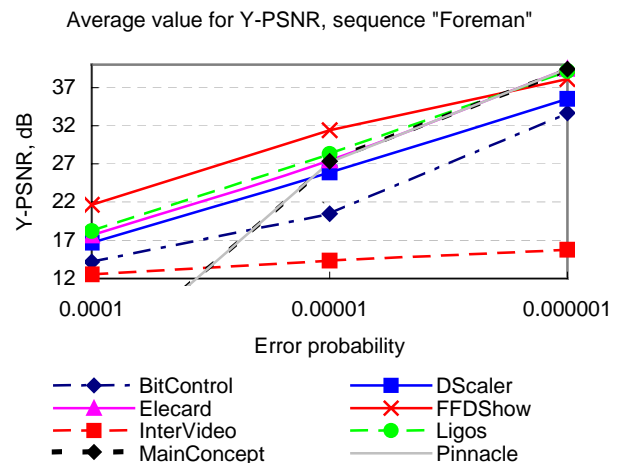


Рис. 2. Среднее значение метрики Y-PSNR для последовательности “Foreman”

Основной вывод, который можно сделать при анализе данного графика, следующий – все декодеры можно разделить на три различных класса:

1. FFDSHOW, Elecard, DScaler, BitControl, Ligos
2. Pinnacle, MainConcept
3. InterVideo

Первый класс – декодеры, которые обрабатывают поток с ошибками качественно. При этом ошибки могут быть с любой вероятностью, а с уменьшением вероятности сильно возрастает качество работы декодеров. Вторая группа включает в себя декодеры, которые не могут декодировать поток с большим количеством ошибок, но поток с небольшим количеством ошибок декодируют с хорошим качеством. Третья группа включает в себя декодеры, которые декодируют поток с ошибками достаточно некачественно, независимо от ошибок и в целом не подходят для работы с таким типом потока.

Также по данному графику заметен факт, который был выявлен в ходе исследований – качество работы декодеров от Pinnacle и MainConcept очень схожи, объяснением чему может служить их возможные общие исходные тексты.

В процессе работы декодер от BitControl меняет яркость видеопоследовательности, это происходит вне зависимости от наличия ошибок в потоке, поэтому были внесены некоторые поправки для данного декодера в методику сравнения.

Низкое качество работы декодера от InterVideo объясняется тем, что при наличии ошибок в потоке данный декодер не может декодировать кадры с большим количеством ошибок при этом такие кадры пропускаются, что сказывается на значении метрики. На выходе получается набор из повторяющихся нескольких кадров исходной последовательности.

Декодеры из второй группы не смогли декодировать поток с вероятностью ошибок 0.0001.

При анализе минимальных средних значений метрики Y-PSNR положение с разбиением декодеров на три группы не изменилось.

Для анализа статистической надежности полученных значений метрики для 100 запусков можно воспользоваться стандартным отклонением, которое приведено на рис. 3.

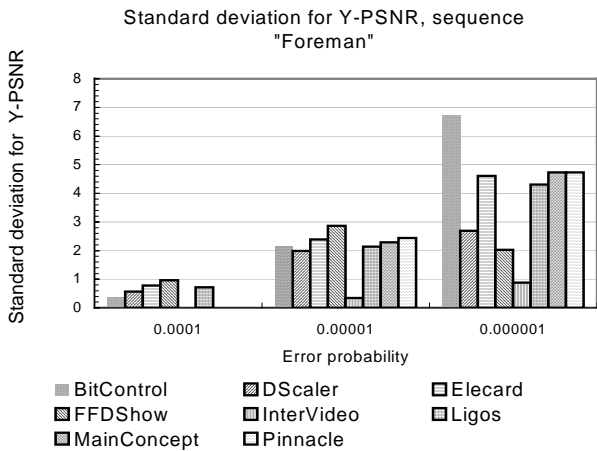


Рис. 3. Значение стандартного отклонения для метрики Y-PSNR для 100 запусков для каждой вероятности ошибок, последовательность "Foreman"

Можно заметить, что нет большой корреляции между стандартным отклонением и качеством работы декодера, но есть зависимость между средним значением метрики и средним отклонением. Для больших значений метрики средние отклонения также обычно велики.

3.2 Результаты по отдельным запускам

Кроме усредненных значений метрики для 100 запусков для каждой вероятности нужно оценивать значение метрик и для каждого запуска отдельно, так как усредненное значение не отражает изменений качества для разных запусков. На рис.4 приведен график для первых 15 запусков для вероятности битовой ошибки = 0.000001.

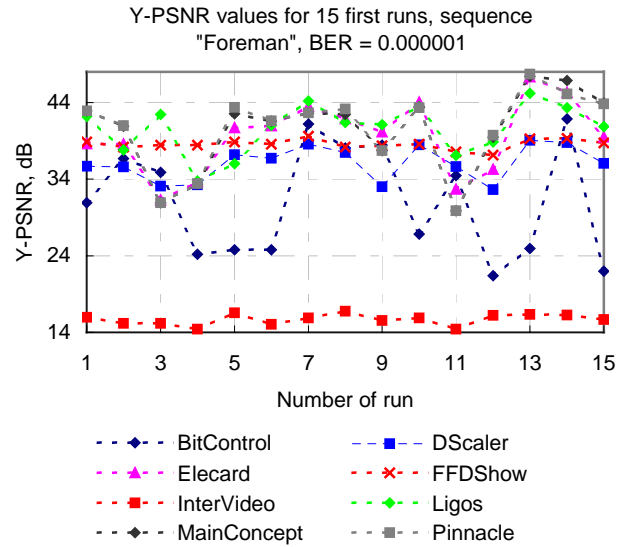


Рис. 4. Средние значения Y-PSNR для последовательности для первых 15 запусков, вероятность инверсии бита = 0.000001, последовательность "Foreman"

По данному графику видно, что усредненные значения метрики для всех запусков в целом отражают картину правильно. И их можно использовать для оценки качества работы декодеров.

3.3 Визуальное сравнение

Кроме анализа качества при помощи объективных метрик очень важно оценивать и визуальное качество декодированного видео.

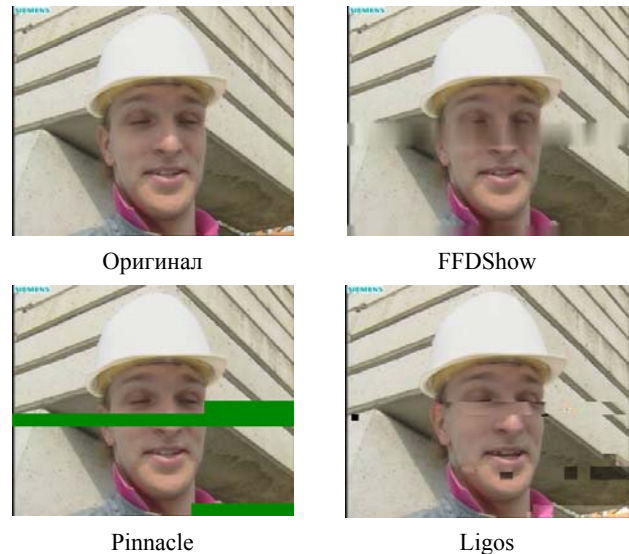


Рис. 5. Визуальное сравнение. Последовательность "Foreman", вероятность инверсии бита = 0.00001

По приведенным кадрам из декодированного видео становятся понятны причины различия в значениях

объективных метрик. Так, в частности, видно, что декодер от FFDSHOW при обнаружении ошибок не выводит ошибочные блоки, а заменяет их интерполяцией соседних правильных блоков, декодер от Pinnacle выводит блоки зеленого цвета вместо ошибочных. Декодер от Ligos заменяет ошибочные блоки на другие блоки.

Приведенную в статье методику можно использовать с небольшими доработками для тестирования MPEG-4 и H.264 декодеров.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Существует широко распространенное мнение, что кодеки одного стандарта отличаются крайне незначительно, т.е. все стандартные декодеры работают одинаково. Проведенное исследование убедительно показывает, что это не так. В частности, производители декодеров реализуют в своих продуктах различные способы работы с искаженным видео потоком. Некоторые декодеры не рассчитаны на работу в ненадежных средах передачи данных и качество декодированного видео очень низкое. Причина различий в декодерах следующая – стандарт MPEG-2 предлагает некоторые способы для восстановления после ошибок, но эти способы жестко не оговорены в стандарте. Также можно констатировать, что даже у декодеров, продемонстрировавших высокое качество, есть резервы для его улучшения путем реализации более сложных методов обработки ошибок или постобработки декодированного потока для уменьшения визуальной заметности артефактов.

Предложенная в работе методика может быть использована для проведения тестирований, подобных описанному в данной работе, так как результаты объективных метрик, полученные в ходе исследования, вполне согласуются с визуальным качеством декодированного видео.

Исследования качества декодирования видео при работе с искаженными видеопотоками – важная задача, работы по методам восстановления активно ведутся, однако статей по проблемам корректного измерения качества видео, декодированного после сбоев, мало. Другим результатом является подтверждение потребности в методах подавления ошибок, интегрированных в декодер.

Авторы выражают благодарность Смирнову М.А. за комментарии и замечания к данной работе.

5. БИБЛИОГРАФИЯ

- [1] Andre Jalobeanu, Robert D. Nowak, Josiane Zerubia, Mario A. T. Figueiredo, *Satellite And Aerial Image Deconvolution Using An Em Method With Complex Wavelets*, ICIP, 2002.
- [2] Andre Jalobeanu, Laure Blanc-Feraud, Josiane Zerubia, *An adaptive Gaussian model for Satellite image deblurring*, IEEE Trans. Image Processing, 13(4), 2004.
- [3] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 Coding of Moving Pictures and Associated Audio. *Generic coding of moving pictures and associated audio information: video, recommendation ITU-T H.262, ISO/IEC 13818-2, Draft, январь 1995.*
- [4] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 Coding of Moving Pictures and Associated Audio. *Generic coding of moving pictures and associated audio information: SYTEMS, recommendation ITU-T H.262.0, ISO/IEC 13818-1, Draft, ноябрь 1994.*
- [5] Д. Ватолин, Д. Куликов, А. Паршин. *Сравнение MPEG-4 SP/ASP видеокодеков,*

http://compression.ru/video/codec_comparison/mpeg-4.html, 2005.

- [6] Marc Dumon, ORBIT Satellite Telecom Nv., *Bit errors, is this really an issue*, <http://www.isi.edu/tcpsat/list/archive/0634.html>

Об авторах

Дмитрий Сергеевич Ватолин — работает в области сжатия изображений и видео последние 12 лет. К.ф.-м.н., IEEE Member, с.н.с. лаборатории компьютерной графики и мультимедиа при ф-те ВМиК МГУ, руководитель ВидеоГруппы. Автор книг “Методы сжатия изображений”, “Методы сжатия данных”. Основатель серверов “Все о сжатии” <http://compression.ru/> и “Compression Links” <http://www.compression-links.info/>.

E-mail: dmitriy@graphics.cs.msu.su

Дмитрий Леонидович Куликов – аспирант факультета вычислительной математики и кибернетики Московского Государственного Университета им. М.В. Ломоносова.

Адрес: Москва, 119992, Воробьевы горы, МГУ им. М.В. Ломоносова, 2-й учебный корпус, факультет ВМиК, кафедра Автоматизации Систем Вычислительных Комплексов, лаборатория Графики и Мультимедиа

E-mail: dkulikov@graphics.cs.msu.su

Quality Measuring for MPEG-2 Decoders for Stream with Errors

Abstract

The paper is devoted to comparative analysis of different MPEG-2 video decoders while decoding video stream that went through the channel with bit noise. The methodic for such comparisons is described. The results are presented with objective metrics and visual comparison.

Keywords: MPEG-2, video decoding, error tolerance, satellite transmitting, noise.

About the author(s)

Dmitriy Vatolin is an expert in image, video and data compression with more than 12 years experience. Ph.D. in graphics compression, IEEE Member. Books: “Image compression algorithms”, “Data compression methods”. Senior researcher at the Laboratory of Computer Graphics and Multimedia at Moscow State University, Department of Computational Mathematics and Cybernetics. Head of VideoGroup. Founder of “The Compression Project” <http://compression.ru/> and “Compression Links” <http://www.compression-links.info/>

E-mail: dmitriy@graphics.cs.msu.su

Dmitriy Kulikov – Ph.D. student at the Laboratory of Graphics and Multimedia at Moscow State University, Department of Computational Mathematics and Cybernetics.

E-mail: dkulikov@graphics.cs.msu.su