

1. Введение.

Использование алгоритма MPEG-2 сжатия видеoinформации приводит к специфическим искажениям видеосигнала на выходе кодера. Здесь приведена классификация наиболее часто встречающихся видов искажений. Классификация типов искажений и выработка методов их измерения в кадре позволит получить оценку качества закодированной последовательности. Это позволит объективно оценивать работу кодера в различных режимах или сравнивать качество изображения на выходе различных кодеров.

2. Классификация искажений.

Искажения изображений, закодированные по стандарту MPEG-2, классифицируют как искажения, связанные с внутрикадровым кодированием, при котором используется информация только из данного кадра, и искажения, обусловленные межкадровым кодированием, при котором используется информация из ранее переданных кадров.

2.1. Искажения, связанные с внутрикадровым кодированием

Ниже приводятся виды искажений, возникающие при внутрикадровом кодировании и обусловленные разбиением изображения на макроблоки и блоки, независимым кодированием блоков и квантованием коэффициентов ДКП с искажением низкочастотных и потерей высокочастотных составляющих сигнала. Следствием такого подхода является неточное восстановление уровней пикселей яркости и цветности.

2.1.1. Блокинг-эффект (Blocking Effect).

Характерное разбиение всего изображения на квадратные блоки 8x8 пикселей с заметными границами. Возникает вследствие деления изображения на блоки с последующим их независимым кодированием, в котором используется ДКП и квантование коэффициентов. Характерной особенностью ДКП с учетом квантования коэффициентов является возникновение ненулевых ошибок на границах блоков, которые идентифицируются глазом как скачки яркости от одного блока к другому.

2.1.2 Мозаичный эффект (Mosaic Pattern).

Мозаичный эффект выглядит подобно блокинг-эффекту, но обуславливается не резкими переходами между различными блоками, а заметным глазу различием яркости в соседних блоках. Можно также определить мозаичный эффект как остаточный блокинг-эффект после низкочастотной фильтрации изображения. Не смотря на то, что переходы между блоками становятся плавными, глаз воспринимает изображение как разбитое на блоки. Мозаичный эффект также возникает при слишком грубом квантовании коэффициентов ДКП, при котором изображения внутри соседних блоков сильно отличаются друг от друга.

2.1.3 Размывание изображения (Blurring).

При большом коэффициенте сжатия наблюдается размывание изображения, обусловленное обнулением коэффициентов высокочастотной части спектра ДКП. Мелкие детали становятся либо размытыми, либо полностью пропадают в изображении.

2.1.4 Окантовки на границах (Ringing).

Этот тип искажений проявляется как возникновение характерных окантовок на резких переходах яркости изображения, обусловленных отсутствием высокочастотных компонент спектра либо значительным их искажением. Поскольку ступенчатый сигнал содержит большое количество спектральных компонент (амплитуда которых убывает лишь обратно пропорционально их номеру), изменения амплитуд ДКП вследствие квантования могут нарушить монотонность функции вблизи ступеньки, что визуально проявляется как колебания яркости на резких переходах.

2.1.5 Размывание цветов (Color Bleeding).

Размывание цветов имеет такую же причину, что и эффект окантовки на границах, но проявляется на участках изображения с резкими скачками в сигнале цветности.

2.1.6 Искажения типа ступеньки (Staircase Effect).

Данные искажения возникают как результат неправильного восстановления или передачи краев изображений внутри блоков. При рассмотрении каждого блока в отдельности граница, проходящая по некоторому числу блоков, выглядит нормально. Иными словами, часть границы внутри блока визуально воспринимается правильно. Тем не менее, при переходе к следующему блоку граница объекта терпит скачок и, в целом, выглядит как «ступенька» с элементами, параллельными границам блоков. Причиной возникновения данного эффекта является использование в качестве базиса разложения функций ДКП. Каждая из базисных функций имеет строго выраженную вертикальную и горизонтальную ориентации. Поэтому при грубом квантовании коэффициентов ДКП на наклонной границе проявляется внутренняя ориентация базисных функций по осям координат. Данный эффект проявляется при воспроизведении восстановленного изображения в увеличенном масштабе.

2.1.7 Искажения в виде базисных функций ДКП (DCT Basis Image Blocks).

Этот эффект проявляется в виде структур, очень похожих по форме на базисные функции ДКП. Этот тип искажения встречается в блоках, где один коэффициент после ДКП (кроме DC коэффициента) по величине значительно больше остальных, и при квантовании возможно обнуление всех коэффициентов кроме одного. В таком случае восстановленное изображение будет иметь вид базисной функции ДКП.

2.2. Искажения, связанные с межкадровым кодированием.

Далее приводятся виды искажений MPEG-2, обусловленные межкадровым кодированием. При грубом квантовании разницы для макроблоков с предсказанием движения возможен перенос искажений из опорного кадра. Искажения в цветности обусловлены тем, что при предсказании вектора движения часто используется только сигнал яркости.

2.2.1 Ложные границы (False Edges).

При компенсации движения с использованием опорного кадра, в котором заметны блокинг и мозаичные эффекты, последние могут переноситься из опорного кадра в новый кадр. Если положение макроблока после компенсации движения не совпадает точно с положением макроблока в опорном кадре, при грубом квантовании количество границ между макроблоками может увеличиваться. Характерные границы изображения внутри макроблоков и есть ложные границы. При больших коэффициентах квантования количество ложных границ увеличивается от кадра к кадру, что приводит к существенной деградации изображения.

2.2.2 Эффект «комаров» (Mosquito Effect).

Этот эффект проявляется как флуктуации яркости или цветности в блоке на границе между движущимся объектом и фоном. Обычно уровень флуктуаций не очень велик, но поскольку глаз чувствителен к изменениям, дрожание яркости или цветности может оказаться заметным. Этот эффект выглядит так, как будто много мелких комаров летает вокруг объекта. Этот эффект обусловлен межкадровым кодированием и возникает вследствие различной степени квантования ошибки предсказания от кадра к кадру. Часть блока, который подвергается компенсации движения, может передаваться правильно, но другая часть, соответствующая фону, и ошибка предсказания которой не мала, может передаваться с искажениями вследствие глубокого квантования коэффициентов ДКП.

2.2.3 Зернистый шум в стационарной области (Stationary Area Granular Noise).

Редкий тип искажений, проявляющийся как медленно движущиеся дрожавшие шумы низкой интенсивности в областях, в которых присутствует лишь малое движение, либо движение отсутствует полностью. Этот вид искажений возникает в областях изображения, где от кадра к кадру коэффициентам квантования недостаточно точности, чтобы восстановленное изображение соответствовало оригиналу. При определенных условиях могут возникать циклы низкоуровневого входа: квантование, наличие ошибок округления при арифметике с конечной точностью вычислений, которые приводят к неустойчивости системы кодирования.

2.2.4 Неправильные цвета (Chrominance Mismatch).

Данный тип искажений проявляется, в основном, как неправильный цвет всего макроблока как по отношению к собственному цвету, так и по отношению к цвету окружающей области. Например, цвет макроблока в целом может быть голубым, а окружающей области - преимущественно красным. Аналогично блокинг-эффекту, данный тип искажений обусловлен, прежде всего, регулярной формой всего макроблока. Наиболее вероятной причиной неправильного цвета является тот факт, что в наиболее популярном критерии для анализа вектора движения используется только сигнал яркости. Поэтому предсказанный блок может иметь высокую корреляцию по сигналу яркости, и при этом иметь совсем другой цвет.

2.2.5 Эффект привидения (Ghost Effects).

В зависимости от скорости объектов, участвующих в движении, и алгоритма поиска пропущенных макроблоков, за движущимися объектами возможно образование следов («привидений»), которые могут сохраняться в течение сравнительно большого промежутка времени

3. Идеи, лежащие в основе методов измерения качества изображения.

В классификации приведены типы искажения, которые обнаруживаются человеком. Все эти искажения являются следствием алгоритма кодирования изображений MPEG-2.

Набор методов измерения качества видеоизображения диктуется условиями измерений. При этом могут возникнуть следующие ситуации:

1. имеется декодированный сигнал, но при этом неизвестен исходный сигнал;
2. имеется декодированный и исходный сигнал;
3. имеется исходный, декодированный и закодированный сигнал с возможностью получения некоторой информации о макроблоках (вектора движения, коэффициенты ДКП, коэффициент квантования и др.).

В случаях (1) и (2) может быть даже неизвестен тип кодера, однако чтобы искажения приведенных выше типов присутствовали, требуется, чтобы основные концепции алгоритма кодирования MPEG-2 были заложены в алгоритм кодера.

В последних двух случаях следует разработать последовательности определенного вида (динамических испытательных таблиц), с участками изображения, на которых те или иные искажения могли бы проявляться наиболее отчетливо. Получение измерительных таблиц с полным набором участков, где возможны все типы искажений, позволит после измерения получить интегральную оценку качества изображения, как для различных кодеров, так и для одного кодера при различных условиях сжатия.

Преобразование сигналов яркости и цветоразностных сигналов к сигналам, которые более чувствительны для человеческого глаза (таких как контрастность), приведет к более объективным оценкам качества видеосигнала.

Получение производных сигналов, таких как сигналы после пространственного и временного фильтров, позволит выделить области изображения с резкими переходами яркости и выделить области движения, где требуется проводить соответствующие измерения. Появляется возможность калибровать исходный сигнал по площади областей, где возможно произвести соответствующее измерение.

Применение пространственной фильтрации позволяет получить участки изображения, содержащие границы (края и четкие детали изображения), а так же «приграничные» области. Это требуется при измерении таких типов искажения как 2.1.1-2.1.5 и 2.2.1.

Временная фильтрация выделяет области движения для измерения искажений, возникающих при межкадровом кодировании.

Наличие закодированного изображения и некоторой необходимой информации о макроблоке позволит произвести сравнение кодера с неким кодером, который в дальнейшем будем называть «идеальным». Идеальный кодер – это кодер, который кодирует информацию без «визуальных» потерь в качестве.

Разнообразие подходов и методов измерений качества обеспечат получение различных критериев интегрированной оценки качества изображения.

В цифровом ТВ вещании используется транспортный поток MPEG-2. Транспортный поток – это не только видеоизображение, а сложный сигнал, состоящий из видео, аудио и др. элементарных сигналов, мультиплексированных в один, и оценка качества изображения системы вещания, построенная на базе стандартов MPEG-2 (ISO/IEC 13818 1-4), была бы неполным без измерения правильности построения служебной информации транспортного потока.

Параметры измерения правильности построения транспортного потока MPEG-2 изложены в документе DVB A014 и разбиты на три группы в соответствии с их важностью для целей мониторинга.

В первой группе содержатся основные параметры, которые считаются необходимыми для того, чтобы обеспечить декодируемость транспортного потока. Во второй группе приведен список дополнительных параметров, которые рекомендуются для непрерывного мониторинга. В третьей таблице приведен список необязательных дополнительных параметров, которые могут представлять интерес в определенных случаях.

