

МЕТОДИКА ПОСТРОЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНЫХ КАДРОВ ВИДЕОПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ

Дворкович А.В., Мингазов И.Д.

Научно исследовательский институт Радио, Москва

Аннотация

Предложен и проанализирован метод построения промежуточных кадров видеопоследовательностей. Показана эффективность использования блочного анализа движения для интерполяции кадров при использовании точности поиска движения и интерполяции не ниже полупиксела. Для заполнения областей, не охваченных предсказанием движения, предлагается использовать экстраполяцию относительно предшествующих и/или последующих кадров.

В целом ряде прикладных задач возникает необходимость формирования промежуточных кадров видеопоследовательности. Например, в системах видеоконференцсвязи по каналам с невысокой пропускной способностью представляется предпочтительным (с точки зрения качества декодируемого изображения) снизить кадровую скорость кодируемого видео, а на приемной стороне для увеличения плавности движений на воспроизводимом изображении формировать и показывать пропущенные на кодирующей стороне кадры. Или при использовании режима так называемой «100 Гц развертки» формировать не только полные кадры из полей (25 Гц → 50 Гц), но и промежуточные кадры между полями (50 Гц → 100 Гц).

Одним из достаточно эффективных методов формирования промежуточных кадров является метод, использующий анализ движения деталей изображения. Он состоит из нескольких стадий.

На первой стадии производится предварительное построение интерполируемого кадра. Кадр заполняется данными по формуле, учитывающей его временное положение относительно предшествующего и последующего (если он должен находиться не посередине), - проводится усреднение опорных кадров без учета движения деталей:

$$P_i = (P_{i-1} * (t_{i+1} - t_i) + P_{i+1} * (t_i - t_{i-1}) + (t_{i+1} - t_{i-1})/2) / (t_{i+1} - t_{i-1}),$$

где P – значение пиксела (яркость, цветность), t – время кадра, индекс i относится к результирующему кадру, $i-1$ – к предшествующему по времени кадру, $i+1$ – к последующему по времени кадру.

На следующей стадии один из опорных кадров разбивается на блоки (обычно фиксированного размера, например 8x8 или 16x16 пикселей). Блоки могут быть как неперекрывающимися, так и частично перекрываться. Этот кадр будет называться текущим. Для каждого блока текущего кадра осуществляется поиск наиболее близкого участка такого же размера в другом опорном кадре. В качестве меры близости блоков может использоваться, например, средняя абсолютная или среднеквадратичная разность пикселей блоков. Хорошие результаты показало использование в качестве меры близости разности взвешенного среднего нескольких старших коэффициентов, полученных после применения к блокам ортогонального преобразования (например, косинусного или Адамара). При поиске векторов движения следует также учитывать согласованность получаемого поля векторов, так как согласованное поле более соответствует реальным векторам движения деталей в изображении. Эксперимент показал, что для получения хорошего качества интерполируемого кадра следует использовать вектора движения с точностью до половины или даже до четверти пиксела.

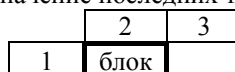
После того, как были найдены вектора движения, производится вычисление интерполированных блоков и запись их в промежуточный кадр. В случае, когда пиксел интерполируемого кадра предсказывается более одного раза, выбирается наилучшее предсказание (например, в смысле меры близости блоков при анализе движения).

При вычислении интерполяции блока учитывается временное положение интерполируемого кадра так же, как и в случае предварительного построения кадра. Кроме того, положение блоков в опорных кадрах сдвигается на величину менее пиксела таким образом, чтобы интерполируемые пиксели попадали на сетку дискретизации формируемого кадра.

Тем не менее, после всех этих процедур на формируемом кадре могут оставаться зоны, заполненные не интерполяцией, а усреднением (на первом этапе предварительного построения кадра). Эти зоны, как правило, соответствуют областям, которые были закрыты на одном из опорных кадров движущимися деталями, или областям, содержащим новые объекты. Для более корректного заполнения таких зон следует применять экстраполяцию по двум предшествующим или двум последующим кадрам видеопоследовательности.

Так же некоторое улучшение при формировании промежуточного кадра дает повторный анализ движения в обратном направлении (текущий и опорный кадры меняются местами).

Алгоритм анализа движения реализован следующим образом. В качестве кандидатов на начальное значение вектора движения для процесса поиска пробуются пять векторов движения – нулевой, вектор предыдущего по горизонтальной оси блока (1), вектор предыдущего по вертикальной оси блока (2), вектор следующего за ним блока (3) и медианное значение последних трех векторов.



Из всех кандидатов выбирается вектор, указывающий на наиболее близкий блок (в смысле указанной выше меры). Этот вектор далее служит начальным в процессе поиска.

Оценка наилучшего значения вектора проводится в окне $N \times N$ пикселей, причем начальное положение блока соответствует точке $(N/2, N/2)$ в окне поиска.

$$\text{Пусть } V_{i,j} = \begin{pmatrix} b_{i,j} & b_{i+1,j} & \dots & b_{i+7,j} \\ b_{i,j+1} & b_{i+1,j+1} & \dots & b_{i+7,j+1} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ b_{i,j+7} & b_{i+1,j+7} & \dots & b_{i+7,j+7} \end{pmatrix}, \quad i, j = 0, 8, 16, \dots \text{ - блок в текущем кадре, для}$$

которого производится поиск движения в опорном кадре, $b_{i,j}$ – значения пикселей;

$$V_{i,j} = (vx_{i,j}, vy_{i,j}) \text{ - начальный вектор движения для этого блока.}$$

Тогда в опорном кадре будет оцениваться мера близости $M_{i,j,l,m}$ для следующих блоков:

$$V_{i+vx_{i,j}+l, j+vy_{i,j}+m}^*, \quad l, m = \begin{cases} -N/2 & \dots & N/2-1, & N = 2 * M \\ -(N-1)/2 & \dots & (N-1)/2, & N = 2 * M + 1 \end{cases}$$

Если наилучшее положение блока (минимальное значение M) не попадает на границу окна поиска, то вектор считается найденным, в противном случае начальная точка поиска смещается в найденное наилучшее положение на границе, и оценка наилучшего вектора повторяется для нового положения окна.

Полученный целочисленный вектор уточняется до полупиксельного или четвертьпиксельного значения. Положения блока, выходящие за границу опорного кадра, не анализируются.