

СПЕКТРЫ СЕТОЧНЫХ ТРЕХМЕРНЫХ ТЕЛЕВИЗИОННЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Е. В. Ошаровская, Н. А. Патлаенко, В. И. Солодка

Кафедра телевидения и радиовещания, Одесская национальная академия связи им. А.С.Попова
Одесса, Украина

E-mail: osharovskaya@mail.ru, nick_msa@ukr.net, valentinka_1986@mail.ru

Трехмерные сетки (3D) используют для представления мультимедийного контента, в том числе телевизионных объемных изображений. Они состоят из геометрических позиций выбранных точек (или вершин) и топологических отношений между вершинами. Огромные размеры типичных 3D сеток потребовало разработки технологии сжатия информации о координатах вершин. В данной статье представлены результаты моделирования сжатия сеточных 3D телевизионных объектов на основе wavelet-преобразования. Критерием отбрасывания спектральных коэффициентов принято отношение сигнала к шуму на восстановленном изображении в 32 дБ

ВВЕДЕНИЕ

ДЗ-D сетки используются в 3-D видео представлениях для описания формы статических или динамических объектов. 3-D треугольные сетки являются обычной формой для представления формы объекта. Треугольные сетки представляют собой лишь кусочно-линейной аппроксимацию поверхности объекта. Следовательно, ошибка аппроксимации может быть высокой, если число треугольников не достаточно велико. С другой стороны, большое количество треугольников делает эти статические 3-D объекты громоздкими для хранения или передачи. Статические 3-D сетки состоят из двух типов данных: связности, описывающей триангуляцию вершин сетки и геометрии, которая привязывает местоположение 3-D объектов к вершинам. Динамические 3-D сетки, т.е. последовательности статических сетках с не изменяющейся топологией, обладают не только геометрическими зависимостями в пространственном направлении, но и зависимостями во времени. Для сжатия таких сеток можно использовать методы предсказания положения вершин по векторам движения и перехода в спектральные пространства. [1] Существуют некоторые ограничения для алгоритмов сжатия сеточных объектов. Во-первых, большинство алгоритмов могут кодировать только изоморфные последовательности, в которой число вершин и топологические отношения между вершинами инвариантны по всем кадрам. Во-вторых, иерархическое кодирование является желательным для передачи сложных последовательностей сеток по тракту с ограниченной пропускной способностью. [2] В последнее время в рекомендациях MPEG получило отражение усовершенствование стандартов на сжатие динамически текстурированных 3-D сеток, т.е. динамически сцепленных с различной информацией о текстуре на каждом кадре. Такие алгоритмы позволяют перейти к многоракурсным системам со свободной точкой наблюдения, как это требуется для интерактивных приложений 3DTV [3].

I. МЕТОДЫ ПРЕДСКАЗАНИЯ ПОЛОЖЕНИЯ ВЕРШИН НА ОСНОВЕ ПРОГНОСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ

Анимационная последовательность обрабатывается локально в пространстве и во времени. На каждом этапе процесса сжатия только ограниченное число предыдущих кадров (как правило, последний кодированный кадр) участвуют при кодировании текущего кадра, в рамках прогнозной схемы. Порядок обхода вершин сетки чаще всего неизменный. Интерполяционные схемы сжатия, недавно представленные в MPEG-4AFX предлагают процедуру интерполяции, направленную на устранение избыточности между последовательными ключевыми кадрами. Принцип состоит в уменьшении объема данных путем субдискретизации исходной последовательности ключевых кадров. Декодер восстанавливает ключевые кадры и генерирует промежуточные кадры с применением линейной интерполяции. С целью определения оптимального набора ключевых кадров целесообразно использовать критерий минимизации ошибки по всему набору кадров в последовательности. Такой подход итеративного уточнения применяется до тех пор, пока показатель ошибки становится ниже заданного порогового значения. (1)

$$\nu_i^j = \nu_i^k + r_i^j; \nu_i^j = \nu_{i-1}^k + r_i^j; \nu_i^j = \nu_{i-1}^j + (\nu_i^j - \nu_{i-1}^j) + r_i^j.$$

Здесь, ν_i^j положение вершины j в момент i , r_i^j ошибка предсказания вершины, а k индекс предыдущей декодированной вершины. Прогностические подходы обеспечивают простоту и незначительные вычислительные затраты, что делает их приемлемыми для декодирования в режиме реального времени. Тем не менее, основываясь на детерминированном обходе вершин сетки, сложно реализовать вариативность и масштабируемость рендеринга. Этот недостаток преодолевается иерархическим синтезом на основе методов вейвлет-преобразования.

II. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ WAVELET-ПРЕОБРАЗОВАНИЙ

Методы Wavelet – преобразований широко используются для сжатия неподвижных изображений, и это прописано в рекомендациях JPEG2000. Можно рассматривать сеточное представление 3DTV объектов как многомерные сигналы, у которых каждая вершина является точкой в d - мерном пространстве: $d_x \in P^d$, где x – отсчет сигнала, P^d – d – мерное пространство. Под понижением размерности сигнального пространства мы понимаем линейное отображение исходного d –пространства сигнала на пространство размерности k , при $k < d$. Оператор воздействия на этот переход должен определяться с учетом возможности обратного перехода в пространство P^d (т.е. возможность восстановления сигнала). Примером такого линейного оператора может служить ортонормированная матрица с количеством столбцов (S) и размерностью $k \times d$. Для такой матрицы выполняется условие $S^T S = E^k$, когда $S^T S \neq E^k$, где S^T –транспонированная матрица S размерности $d \times k$, E –единичная матрица размерности $k \times k$. Размерность вектора \vec{x} может быть уменьшена с помощью матрицы S . Среди спектральных методов на сегодняшний день наибольший интерес вызывают Wavelet преобразование и метод анализа главных компонент (principal component analysis (PCA)) [2].

III. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Нами были исследованы несколько сеточных объектов, сравнительно малых размеров, в том числе сфера, конус, кораблик и другие. В таблице один представлены зависимости количества треугольников, аппроксимирующих поверхности, от количества вершин, выбранных на этих поверхностях, из которой видно, что эта зависимость практически линейна.

Таблица 1 – Количество вершин и треугольников для тестовых 3D объектов

Вершин	Треугольников
2510	4698
4670	9286
6722	13440
9802	19600

Для исследования скорости цифрового потока от трехмерного объекта используем прямое

и обратное вейвлет-преобразования Daubechies 4-го порядка, для восстановленного сеточного изображения задаем пороговым значение отношения сигнал / шум в 35дБ, что соответствует приемлемому качеству изображения. Для повышения скорости работы алгоритма необходимо отфильтровать незначительные коэффициенты (которые фактически не влияют на восстановление объекта). Определяем данный порог аналитически, при этом получаем глубину вейвлет-преобразования $n = \log(\max(C_{i,j}))$, где $C_{i,j}$ – это заданный порога в таблице 2 приведены зависимости скорости цифрового потока в канале связи после прямого иерархического wavelet-преобразования и отбрасывания части коэффициентов.

Таблица 2 – Скорости цифровых потоков сеточных 3DTV объектов

Количество вершин	Скорость в Мбит/сек
1258	0,007
4670	0,078
35947	0,660
237018	0,782
437645	74,20

Как видно из таблицы замена трех координат вершин на их спектральное wavelet отображение приводит к значительному сокращению избыточности, но эта зависимость не является линейной. Выводы Использование спектральных методов сжатия статических и динамических сеточных трехмерных телевизионных объектов является эффективным инструментом для внедрения в системах объектно-ориентированного интерактивного телевидения. Комбинация методов иерархического wavelet-преобразования и предсказания в пространстве и времени позволяет получить хорошее качество изображения.

1. Ошаровская, Е. В. Использование сеточных методов в многокурсном кодировании 3-D объектов / Е. В. Ошаровская, А. В. Дорошук // Цифровые технологии. – 2011. – № 10. – С. 83–85.
2. Ошаровская, Е. В. Оценка спектральных свойств сеточных телевизионных объектов / Е. В. Ошаровская, В. И. Солодка // Измерительная и вычислительная техника в технологических процессах. – 2013. – № 4. – С. 40–43.
3. Ошаровская, Е. В. Адаптивное иерархическое сжатие произвольных треугольных сеток / Е. В. Ошаровская // Цифровые технологии. – 2014. – № 16. – С. 111–116.