

УДК 621.397

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА СЕТОЧНЫХ 3D ОБЪЕКТОВ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СКОРОСТЯХ ЦИФРОВОГО ПОТОКА

*Патлаенко Н.А., Солодка В.И.**Одесская национальная академия связи им. А.С. Попова**nick_msa@ukr.net, valentinka_1986_@mail.ru*

ОЦІНКА ЯКОСТІ СІТКОВИХ 3D ОБ'ЄКТІВ З РІЗНОЮ ШВИДКІСТЮ ЦИФРОВОГО ПОТОКУ

*Патлаєнко М.О., Солодка В.І.**Одеська національна академія зв'язку ім. О. С. Попова**nick_msa@ukr.net, valentinka_1986_@mail.ru*

QUALITY ASSESSMENT GRID 3D OBJECTS AT VARIOUS SPEEDS OF DIGITAL STREAMS

*Patlaenko N.A., Solodka V.I.**Odessa national academy of telecommunications n.a. A.S. Popov**nick_msa@ukr.net, valentinka_1986_@mail.ru*

Аннотация. В статье приведены результаты исследования точности представления трехмерного объекта "Голова", описанного триангуляционной сеткой и предназначенного для передачи в телевизионной системе. С целью сжатия информации о вершинах треугольников сетки использовано несколько вариантов трехмерного вейвлет преобразования. В частности, исследовались преобразования Добеши 4, койфлет 2, симплет 4, дискретное Майера, биортогональные 2 и 4. Приведены коэффициенты вейвлет разложения триангуляционной сетки объекта по горизонтали, вертикали и диагонали для осей X, Y, Z. Показаны зависимости погрешности представления трехмерных координат сеточного объекта "Голова" от поворота вокруг произвольной оси относительно центра координат и применения wavelet-преобразований разного типа. Определены пороговые значения отношения сигнал/шум, позволяющие восстанавливать координаты с заданной допустимой погрешностью.

Ключевые слова: 3D-ТВ, полигональная сетка, вершины, wavelet-преобразования

Анотація. У статті подано результати дослідження точності надання тривимірного об'єкта "Голова", описаного триангуляційною сіткою і призначеного для передачі в телевізійній системі. З метою стиснення інформації про вершини трикутників сітки використано кілька варіантів тривимірного вейвлет перетворення. Зокрема, досліджувалися перетворення Добеши 4, койфлет 2, симплет 4, дискретне Майера, біортогональні 2 і 4. Подані коефіцієнти вейвлет розкладань триангуляційної сітки об'єкта по горизонталі, вертикалі і діагоналі для осей X, Y, Z. Показані залежності похибки надання тривимірних координат сіткового об'єкта "Голова" від повороту навколо довільної осі відносно центра координат і застосування вейвлет-перетворень різного типу. Визначені порогові значення відносини сигнал/шум, що дозволяють відновлювати координати із заданою допустимою похибкою.

Ключові слова: 3D-ТВ, полігональна сітка, вершини, wavelet – перетворення

Abstract. The article presents the results of a study the accuracy of three-dimensional representation the object "Head", which was described by a triangulated mesh and destined for transmission in a television system. There were used several variants of the three-dimensional wavelet transforms for the purpose of the mesh vertices data compression. In particular, we studied the following transforming types: Daubechies 4, Wavelet Coiflets 2, Symlets 4, Discrete Meyer, Biorthogonal 2.4, Biorthogonal 4.4. There are given the coefficients of the wavelet decompositions of triangulated mesh of the object in the horizontal, vertical and diagonal directions to the axes X, Y, Z. We obtained the dependence the error representation of three-dimensional coordinates of the mesh object "Head" from the rotation around an arbitrary axis relative to the center coordinate and the application of wavelet transforms of different types. We have defined threshold signal-to-noise ratio, which allow restoring the coordinates with a predetermined acceptable margin of error.

Key words: 3D-TV. Polygonal mesh, vertices, wavelet - transformation

Для исследования скорости передачи данных трехмерных объектов используем цифровые видеостандарты 4:2:2 и 4:4:4.

Скорость передачи для выбранных видеостандарта 4:2:2 (1) и 4:4:4 (2) данных исследуемых объектов, выглядит так:

$$V_p = R \cdot 2 \cdot W \cdot H \cdot F \quad (1)$$

$$V_p = R \cdot 3 \cdot W \cdot H \cdot F \quad (2)$$

где V_p – скорость передача данных объекта, бит/с;

W и H – ширина и высота кадра в пикселях;

R – разрядность для каждой компоненты, бит;

F – кадровая частота, кадров/с.

Так как мы исследуем трехмерные объекты нам необходимо перейти из трехмерного в двумерное пространство. Координаты имеют следующий вид:

$$X_c = x + kx \cdot z \quad (3)$$

$$Y_c = y + ky \cdot z \quad (4)$$

где X_c и Y_c – координаты на плоскости;

x, y, z – координаты в пространстве;

kx, ky – коэффициенты, которые берутся по модулю и не превышают значение единицы. Коэффициент берем по 0,5.

От перехода с трехмерного пространства в двумерное, надо учесть тот факт, что при переходе используется децимация и клиппинг вершин объекта, т.е. прореживание каждой повторяющейся вершины. Это позволяет нам восстанавливать объект в двумерном пространстве с высокой четкостью.

Соответственно, ширину и высоту кадра исследуемого объекта рассчитаем таким образом:

$$W = X_{Max} - X_{Min} \quad (5)$$

$$H = Y_{Max} - Y_{Min} \quad (6)$$

где X_{max} и Y_{max} - максимальное количество элементов разложения в двумерном пространстве по оси X и Y . X_{min} и Y_{min} - минимальное количество элементов разложения в двумерном пространстве по оси X и Y .

Для исследования скорости цифрового потока от 3D объекта, используем прямое и обратное вейвлет-преобразования Добеши 4-го порядка, отношения сигнал/шум задаем выбранным порогом 35дБ.

Рассчитаем скорость передачи для выбранного видеостандарта 4:4:4 исследуемых объектов (табл. 1–7), которые были преобразованы в двумерное пространство. И так координаты объекта “Head” преобразовались в двумерное пространство с нормированными размерами по ширине в пределах от -1 до 1 и по высоте от -1,5 до 1.5 (рис. 1–6).

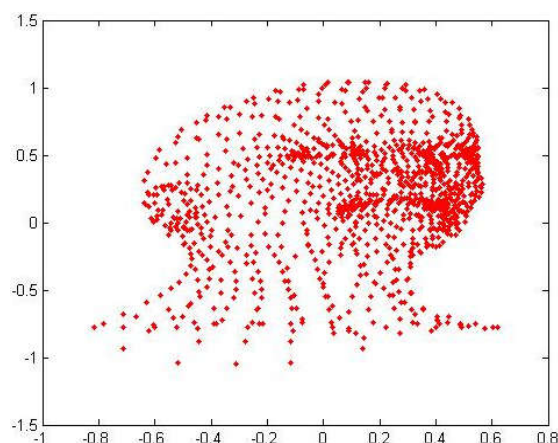


Рисунок 1 – Объект “Head” в двумерном виде

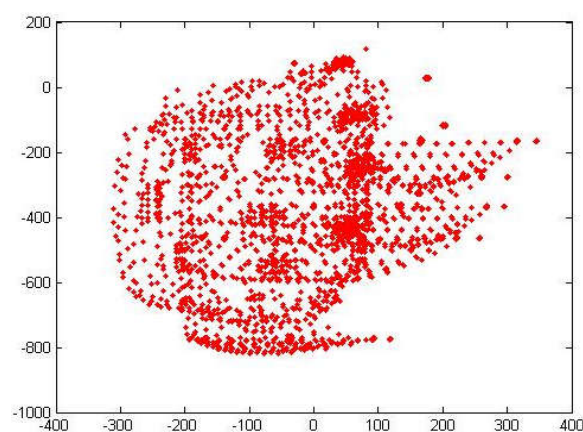


Рисунок 2 – Объект “Galleon” в двумерном виде

Объект “Galleon” в двумерном пространстве преобразовался с высотой 935 пикселей и шириной 656 пикселей. Начало координат в преобразованной области располагается в центре объекта.

Объект “Big_spider” в двумерном пространстве преобразовался в двумерную область с высотой и по ширине по 5 элементов разложения.

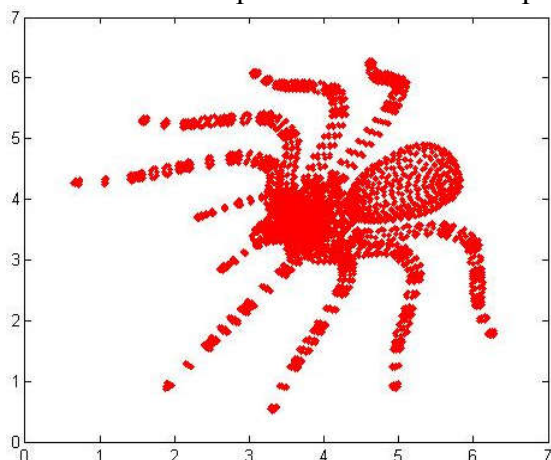


Рисунок 3 – Объект “Big_spider” в двумерном виде

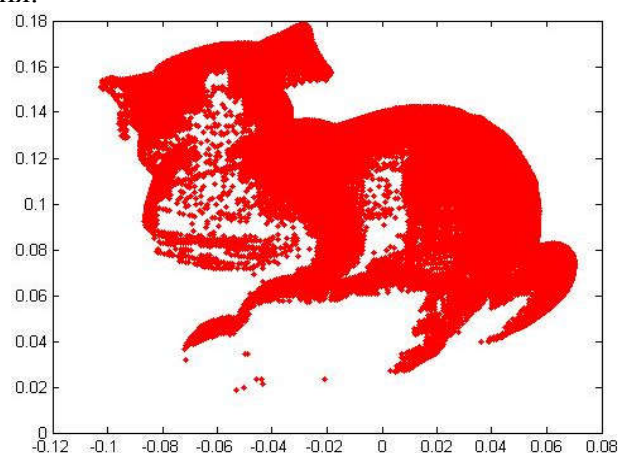


Рисунок 4 – Объект “Bunny” в двумерном виде

Объект “Bunny” в двумерном пространстве преобразовался в 2D область с высотой 15 пикселей и шириной 17 пикселей. Объект “Angel” в двумерном пространстве преобразовался в область с высотой 23 пикселей и шириной 14 пикселей.

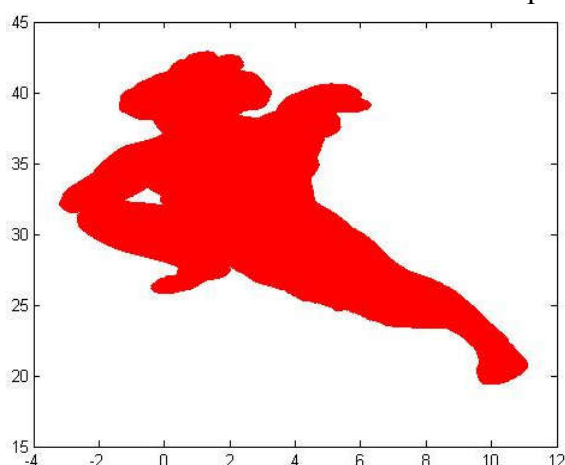


Рисунок 5 – Объект “Angel” в двумерном виде

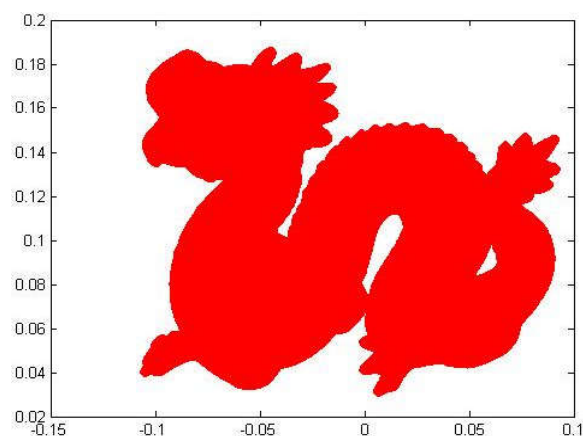


Рисунок 6 – Объект “Dragon” в двумерном виде

Объект “Dragon” в двумерном пространстве преобразовался с высотой 156 пикселей и шириной 198 пикселей. Аналогично рассчитаем скорость передачи данных исследуемых сеточных 3D объектов для видеостандарта соотношения 4:4:4, используя формулы (2), (3), (4), (5), (6).

Таблица 1 – Расчет скорости передачи данных объекта “Head”, для видеостандарта соотношение 4:4:4.

Кол-во Бит	Кадров в секунду	
	25	50
8	1,8 кбит/с	3,6 кбит/с
16	3,6 кбит/с	7,2 кбит/с
32	7,2 кбит/с	14,4 кбит/с
64	14,4 кбит/с	28,8 кбит/с

Таблица 2 – Расчет скорости передачи данных объекта «Galleon», для видеостандарта соотношение 4:4:4.

Кол-во бит	Кадров в секунду	
	25	50
8	8,8 Мбит/с	16,6 Мбит/с
16	10,2 Мбит/с	20,4 Мбит/с
32	14,6 Мбит/с	29,2 Мбит/с
64	18,1 Мбит/с	36,2 Мбит/с

Таблица 3 – Расчет скорости передачи данных объекта «Big spider», для видеостандарта соотношение 4:4:4.

Кол-во бит \ Кадров в секунду	25	50
8	19,5 кбит/с	39,1 кбит/с
16	39,1 кбит/с	78,3 кбит/с
32	78,3 кбит/с	156,6 кбит/с
64	156,6 кбит/с	313,2 кбит/с

Таблица 4 – Расчет скорости передачи данных объекта «Bunny», для видеостандарта соотношение 4:4:4.

Кол-во бит \ Кадров в секунду	25	50
8	165,1 кбит/с	330,2 кбит/с
16	330,2 кбит/с	660,5 кбит/с
32	660,5 кбит/с	1,32 Мбит/с
64	1,32 Мбит/с	2, 64Мбит/с

Таблица 5 – Расчет скорости передачи данных объекта «Angel», кбит/с, для видеостандарта соотношение 4:4:4.

Кол-во бит \ Кадров в секунду	25	50
8	196,2 кбит/с	393,4 кбит/с
16	392,1 кбит/с	786,7 кбит/с
32	782,3 кбит/с	1571,1 кбит/с
64	157,1 кбит/с	3143,2 кбит/с

Таблица 6 – Расчет скорости передачи данных объекта «Dragon», для видеостандарта соотношение 4:4:4.

Кол-во Бит \ Кадров в секунду	25	50
8	18,5 Мбит/с	37,3 Мбит/с
16	37,1 Мбит/с	47,2 Мбит/с
32	74,2 Мбит/с	74,2 Мбит/с
64	148,5 Мбит/с	297,1 Мбит/с

Чтобы определить скорость передачи данных 3D объектов при отношении сигнал/шум 35 дБ для эфирного стандарта второго поколения наземного цифрового телевидения DVB-T2, нам необходимо знать максимальную скорость передачи данных, которая равняется 100 Мбит/с.

Общая скорость цифрового потока исследуемых сеточных 3D объектов (табл. 1–6):

$$V_{pheat} + V_{pgalleon} + V_{pbigspa} + V_{pbunny} + V_{pangel} + V_{pdraden} = V_{\Sigma}$$

где $V_{pheat}, V_{pgalleon}, V_{pbigspa}, V_{pbunny}, V_{pangel}, V_{pdraden}$ – скорость передачи исследуемых 3D объектов.

Определяем количество каналов, которые определяют какое количество сцен можно передать через цифровой поток:

$$\frac{100 \text{ Мбит/с}}{V_{\Sigma}} = n_{\text{каналов}}$$

Таблица 7 – Скорость передачи скомпонованной сцены из сеточных 3D объектов.

Кол-во Бит \ Кадров в секунду	V_{Σ} для 25	$n_{\text{каналов}}$	V_{Σ} для 50	$n_{\text{каналов}}$
8	3080,1 кбит/с	32	411,7 Мбит/с	0,24
16	3338,7 кбит/с	30	1518,7 Мбит/с	0,06
32	3684,0 кбит/с	27	3720,6 Мбит/с	0,02
64	4398,6 кбит/с	22	6258,4 Мбит/с	0,015

РАСЧЕТ КОЭФФИЦИЕНТОВ СЖАТИЯ ДЛЯ ИССЛЕДУЕМЫХ ТРЁХМЕРНЫХ ОБЪЕКТОВ

Исследуем изображение, полученное с разными значениями отношения сигнал/шум при разных коэффициентах сжатия. В литературе и на практике доказано и проверено, что минимальное допустимое значения отношения сигнал/шум для относительно комфортного просмотра является 35 дБ.

Таблица 8 – Расчёт коэффициента сжатия в зависимости от отброшенных коэффициентов сеточного 3D объекта «Big spider»

Координаты	Коэффициент сжатия	Исходные координаты "Big spider"	Оставшиеся координаты "Big spider"	Отношения сигнал/шум
X	1	4096	4096 (0%)	137,36
Y				298,92
Z				131,23
X	1,25	4096	3277 (20%)	65,73
Y				64,99
Z				53,51
X	1,66	4096	2458 (40%)	55,04
Y				54,49
Z				42,49
X	2,45	4096	1639(60%)	47,01
Y				47,11
Z				34,9
X	4,99	4096	820 (80%)	36,69
Y				37,40
Z				28,01
X	12,5	4096	328 (92%)	28,68
Y				28,41
Z				22,63

Исследуя переход сеточного 3D объекта в двумерные координаты показало, что у нас часть вершин накладывается одна на другую, мы их удаляем децимацией, а также проводим клиппинг – удаляем невидимые вершины и отрезки. Проведено исследование передачи оставшихся в двумерном поле вершин при чересстрочной и построчной телевизионных развёртках. Показано, что, с целью уменьшения потока данных целесообразно перед преобразованием трёхмерного в двумерное представление проводить спектральное вейвлет-преобразование.

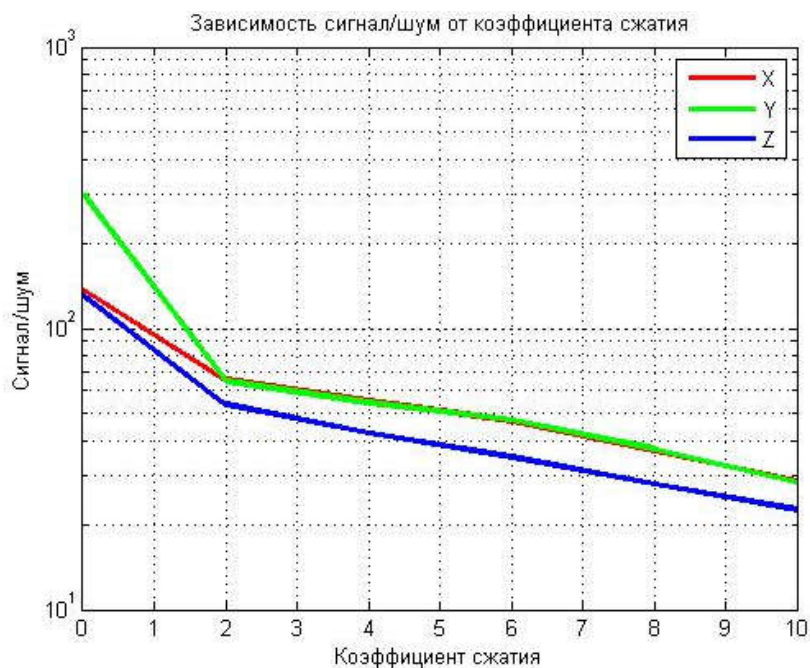


Рисунок 7 – Зависимость отношения сигнал\шум от коэффициента сжатия

При удалении небольших значений вейвлет-коэффициентов возможно достигнуть сжатия в 5 раз при этом количество изображений представленным отношением сигнал/шум достигает значения 32 дБ – визуальная оценка показателя приемлемого качества для ком-

фортного просмотра. При дальнейшем удалении вейвлет-коэффициентов в двумерном пространстве начинает наблюдаться отклонения координат вершин объекта от исходного и появляются искажения типа “рябь”. Следовательно, ниже 35 дБ нецелесообразно сжимать сеточные трёхмерные объекты. Исследование подтверждает метод дисперсионного анализа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Солодка В.И. Оценка погрешностей координат 3D ТВ объектов. / В.И.Солодка, Е.В.Ошаровская, Н.А.Патлаенко // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2014.– No. 13. – С. 37 –40.
2. Солодка В.И. Анализ методов стиснення цифрових відео послідовностей у телевізійних системах / В.И. Солодка, Н.А. Патлаєнко, М.І. Арделян // Цифрові технології. – 2012. – No12. – С. 117 – 122.
3. Ошаровская Е.В. Методы построения сеток в трёхмерных областях / Е.В. Ошаровская, Н.А. Патлаенко, В.И. Солодка/ “Східноєвропейський журнал передових технологій”. – 2011. – No 5/4(53).
4. E. P. Simoncelli and E. H. Adelson, “Noise removal via Bayesian wavelet coding,” in Proc. 3rd Int. Conf. Image Processing, Lausanne,Switzerland, Sep.1996, vol. I, pp. 379–382.

REFERENCES

1. Patlaenko, N.A., V.I. Solodkaya, and E.V. Osharovskaya. "Estimate of Errors of Coordinates of 3D TV of Objects." A Measuring and Calculable Technique Is in Technological Processes No 13 (2014): 37-40.
2. Patlaenko, N.A., M.I. Ardelyan, and V.I. Solodka. "Analysis of Methods of Compression of Digital Videos of Sequences at the Television Systems." Digital Technologies No 12 (2012): 117-22.
3. Osharovskaya, E.V., N.A. Patlaenko, and V.I. Solodkaya. "The Method of Constructing Grids in Three-dimensional Domains." East European Journal of Advanced Technologies No 5/4.53 (2011): 56-58.
4. Simoncelli, E.P., and E.H. Adelson. "Noise Removal via Bayesian Wavelet Coring." Conf. Image Processing, Lausanne,Switzerland 1 (1996): 379-382.