

УДК 621.397:004.932

ОПТИМІЗАЦІЯ СІТКОВОГО КОДУВАННЯ ТЕЛЕВІЗІЙНИХ ЗОБРАЖЕНЬ

Самусь Н.С., Ошаровська О.В., Патлаєнко М.О.

*Одеська національна академія зв'язку імені О.С. Попова,
65029, Україна, м. Одеса, вул. Кузнечна, 1.*

natalia_samus@ukr.net, osharovskaya@mail.ru, nick_msa@ukr.net

ОПТИМИЗАЦИЯ СЕТОЧНОГО КОДИРОВАНИЯ ТЕЛЕВИЗИОННЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Самусь Н.С., Ошаровская Е.В., Патлаєнко Н.А.

*Одесская национальная академия связи имени А.С. Попова,
65029, Украина, г. Одесса, ул. Кузнечная, 1.*

natalia_samus@ukr.net, osharovskaya@mail.ru, nick_msa@ukr.net

MESH CODING OPTIMIZATION OF TELEVISION IMAGES

Samus N.S., Osharovskaya E.V., Patlaenko N.A.

*O.S. Popov Odessa national academy of telecommunications,
1 Kuznechna St., Odessa, 65029, Ukraine.*

natalia_samus@ukr.net, osharovskaya@mail.ru, nick_msa@ukr.net

Анотація. У роботі розглядається пошук оптимальної комбінації методів кодування зв'язності і геометрії сіткових тривимірних телевізійних об'єктів. Запропоновано використовувати для кодування топології алгоритм Edgebreaker, в якому зв'язність описується позначками, а позначки надаються арифметичним ентропійним кодом без втрат. Кодування геометрії пропонується виконувати за допомогою паралельного оброблення, при цьому вершини трикутників задаються кодами в залишкових класах з подальшим перекодуванням модифікованим рядом Фібоначчі. Запропоновано формулу розрахунку швидкості цифрового потоку для комбінованого алгоритму кодування сітки. Показано, що швидкість залежить від розрядності коду позначок і розрядності коду вершин. Виграш у швидкості цифрового потоку при використанні запропонованого комбінованого методу при зростанні числа трикутників у сітковій моделі досягає 70%. При кодуванні геометрії показник середньої швидкості цифрового потоку, вираженої в бітах на трикутник, може скорочуватися до 8 біт/трикутник.

Ключові слова: 3D зображення, сітка, залишкові класи, ряд Фібоначчі.

Аннотация. В работе рассматривается поиск оптимальной комбинации методов кодирования связности и геометрии сеточных трехмерных телевизионных объектов. Предложено использовать для кодирования топологии алгоритм Edgebreaker, в котором связность описывается метками, а метки представляются арифметическим энтропийным кодом без потерь. Кодирование геометрии предлагается выполнять с помощью параллельной обработки, при этом вершины треугольников задаются кодами в остаточных классах с последующим перекодированием модифицированным рядом Фибоначчи. Предложена формула расчета скорости цифрового потока для комбинированного алгоритма кодирования сетки. Показано, что скорость зависит от разрядности кода меток и разрядности кода вершин. Выигрыш в скорости цифрового потока при использовании предложенного комбинированного метода при росте числа треугольников в сеточной модели достигает 70%. При кодировании геометрии показатель средней скорости цифрового потока, выраженной в битах на треугольник, может сокращаться до 8 бит/треугольник.

Ключевые слова: 3D изображение, сетка, остаточные классы, ряд Фибоначчи.

Abstract. This paper considers the search for the optimal combination of connectivity methods of coding and mesh geometry of three-dimensional television facilities. Proposed to use for encoding Edgebreaker topology algorithm in which the connection is described by labels and the labels are presented in arithmetic lossless entropy code. Coding geometry invited to perform with the help of parallel processing, and the vertices of the triangles codes in the residual class followed by recoding the modified Fibonacci series. A formula for calculating the bit rate for the combined mesh coding algorithm is presented. It is shown that the rate depends on the bit of code labels and the bit of code vertices. The gain in bit rate when using the proposed method combined with an increase in the number of triangles in the mesh model is 70%. When encoding geometry parameter of average bit rate can be reduced up 8 bits/triangles.

Key words: 3D image, mesh, residual classes, Fibonacci series.

Однією із сучасних технологій візуалізації можна назвати сіткове надання 3D зображень. Графічні дані все більш широко використовуються в різних додатках, включаючи віртуальну реальність, електронну комерцію і телебачення. Трикутні сітки забезпечують ефективний засіб надання 3D сіткових моделей.

Стандарт MPEG-4, який є мультимедійним стандартом ISO/IEC і розроблений Moving Picture Experts Group для цифрового телебачення, інтерактивної графіки та інтерактивних мультимедійних програм, також включає у себе кодування тривимірної сітки (3DMC). Крім того, MPEG-4 3DMC включає стиснення прогресивної 3D сітки, кодування однозв'язкової 3D сітки, стійкість до помилок і якісну масштабованість як додаткові режими.

Типовий алгоритм стиснення сітки кодує роздільно дані про зв'язність (*connectivity data*) і дані про геометрію (*geometry data*). Перші роботи, зв'язані з алгоритмами стиснення і кодування тривимірних сіток, були зосереджені на кодуванні зв'язності. Потім порядок кодування даних про геометрію визначався, піддаючись кодуванню про зв'язність. Проте, тому що дані про геометрію вимагають більше бітів, ніж дані топології, останнім часом були запропоновані декілька методів для ефективного стиснення і кодування даних про геометрію незалежно від даних про топологію.

Типові схеми сіткового кодування даних про геометрію рівномірно квантують кожен координату від 8- до 16-бітної роздільної здатності квантування. Така роздільна здатність квантування здебільшого застосовується в [1, 2, 4]. В [3] сітка поділена на кілька частин, а потім різна роздільна здатність квантування адаптивно обирається для різних частин відповідно до розмірів кривизни і розмірів самих трикутників.

Метою даної статті є пошук ефективних алгоритмів кодування сіток з використанням непозиційних систем числення таких, як система залишкових класів та послідовностей Фібоначчі.

Комбіноване сіткове кодування. Проаналізуємо декілька сіткових моделей. Візьмемо довільні ділянки на них з різною кількістю площин і вершин (рис. 1).

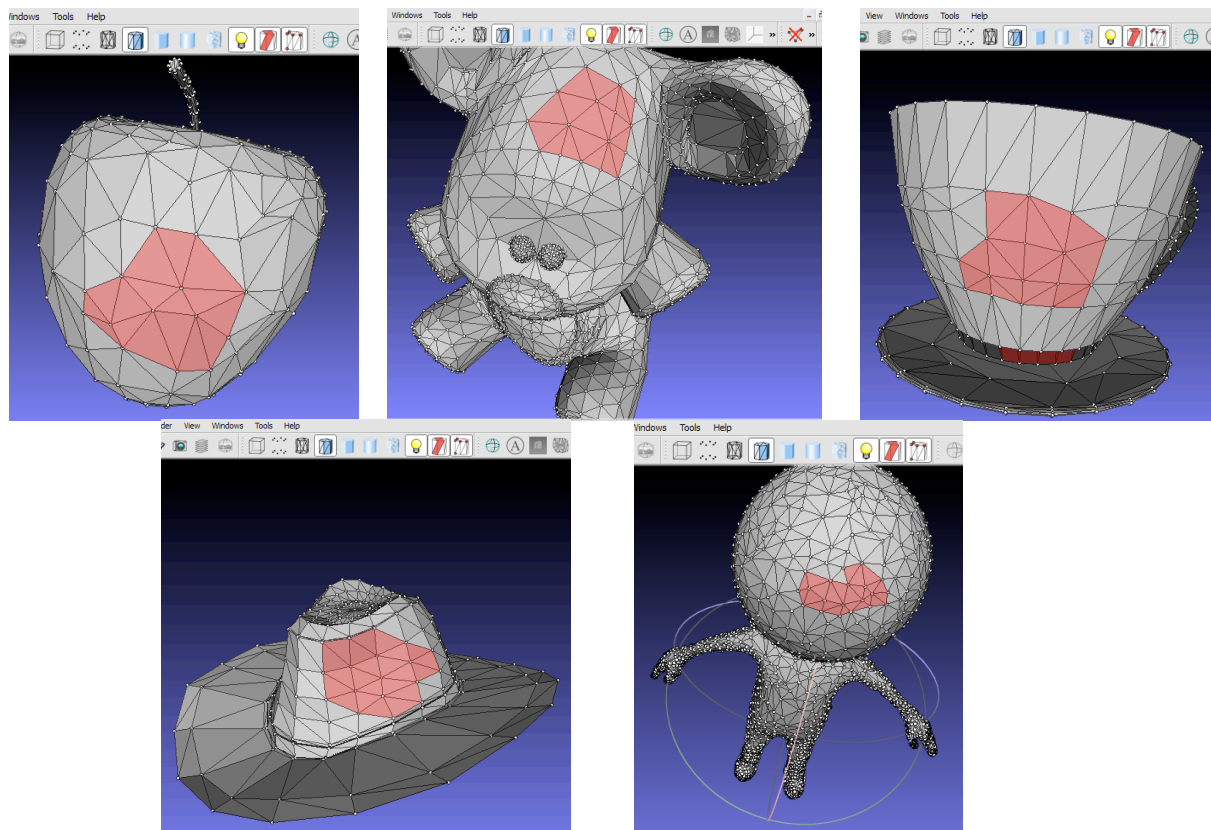


Рисунок 1 – Сіткові моделі і виділені на них ділянки для подальшого оброблення

Як найбільш оптимальний, виберемо наступний набір сіткового кодування, з яким будемо надалі працювати:

- кодування зв'язності – алгоритм Edgebreaker та арифметичний код;
- кодування геометрії – паралельне оброблення системи залишкових класів та модифікований ряд Фібоначчі [4, 5].

Візьмемо найпростіший спосіб надання трикутної сітки, де кожен трикутник предстаетрьома вершинами – індексація набору площин (*The indexed face set*). Стиснення в такому випадку ми не отримуємо, але цей спосіб зручний для порівняння з алгоритмом, запропонованим в даній роботі. Порівняємо ці два методи на прикладі вибраних раніше довільних ділянок різних сіткових 3D об'єктів.

Для індексації набору площин для знаходження загальної швидкості цифрового потоку B_{ifs} необхідно скористатися наступною формулою:

$$B_{ifs} = 3tb_c, \quad (1)$$

де t – кількість трикутників; b_c – кількість біт, необхідних для кодування однієї координати.

Для запропонованого алгоритму справедлива наступна формула швидкості цифрового потоку B_{ma} :

$$B_{ma} = 3b_c + tb_c + tb_m = (3+t)b_c + tb_m, \quad (2)$$

де b_m – кількість біт, необхідних для кодування однієї позначки.

Скориставшись алгоритмом Edgebreaker, присвоїмо кожному трикутнику свою позначку. В результаті буде отримано п'ять наборів позначок – по одному для кожної вибраної ділянки. Закодовані арифметичним кодом набори позначок показано в табл. 1.

Таблиця 1 – Характеристики вибраних ділянок

Сіткова модель	Кількість площин	Кількість вершин	Арифметичний код послідовності позначок	Швидкість, bpt	Необхідна кількість біт
«Яблуко»	16	14	0.200879780966 ₁₀ →10111011000101010111100011010001100110 ₂	2,375	38
«Ведмедик»	18	16	0.21426269031311 ₁₀ →10011011110010110001001001111000101110001111 ₂	2,5	45
«Чашка»	20	17	0.42357417376329 ₁₀ →1001101000011000011010110100001111101001001001 ₂	2,3	46
«Капелюх»	22	18	0.21397171622037653 ₁₀ →100110000000100100111010011101101110101100100010010101 ₂	2,5	55
«Стікмен»	24	20	0.2008786191349133 ₁₀ →100111010111011101010111001100110001010011000110001101 ₂	2,29	55

Розрахуємо швидкість цифрового потоку на виході кодерів при кодуванні геометрії кожної сіткової моделі, результати розрахунків надано в табл. 2.

Скористаємося отриманими раніше даними (табл. 1 і 2) і формулами (1) та (2) з метою знайти вигаиш запропонованого алгоритму порівняно з методом індексації набору площин. При цьому в методі індексації набору площин використовується двійкове кодування. З формул видно, що зі збільшенням кількості трикутників вигаиш запропонованого алгоритму порівняно з методом індексації набору площин буде збільшуватися. Максимальний вигаиш може досягнути 70 відсотків. Результати розрахунку вигаишу у швидкості цифрового потоку, запропонованого алгоритму, занесемо в табл. 3.

Таблиця 2 – Швидкість цифрового потоку при кодуванні геометрії сіткової моделі

Сіткова модель	Швидкість цифрового потоку, біт/координата		
	Кодер 1	Кодер 2	Кодер 3
«Яблуко»	4,476	5, 595	5,381
«Ведмедик»	4,500	5,208	5,396
«Чашка»	4, 176	5,176	5,373
«Капелюх»	4,074	5,222	5,444
«Стікмен»	4,333	5,333	5,450

Таблиця 3 – Виграш запропонованого алгоритму

Сіткова модель	Кількість трикутників (площин), t	Загальна швидкість цифрового потоку, біт/координата		Виграш запропонованого алгоритму, %
		запропонованого алгоритму	індексації набору площин	
«Яблуко»	16	144,305	431,04	66,52
«Ведмедик»	18	158,316	484,92	67,35
«Чашка»	20	169,579	538,80	68,53
«Капелюх»	22	191,10	592,68	67,76
«Стікмен»	24	202,11	646,56	68,74

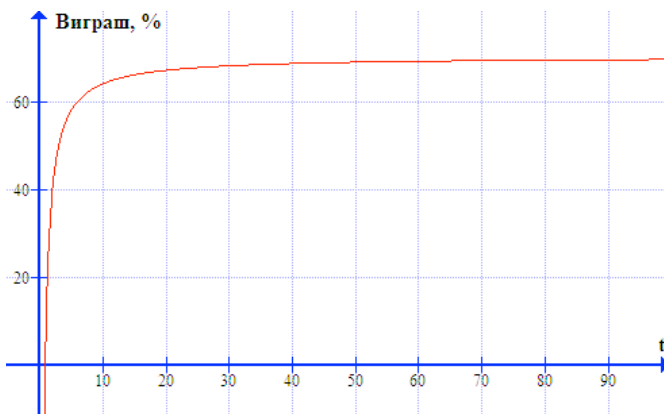


Рисунок 2 – Залежність виграшу від кількості трикутників t

Залежність виграшу швидкості цифрового потоку від кількості трикутників при використанні запропонованого алгоритму порівняно з методом індексації набору площин показано на рис. 2.

Перевіримо також ситуації, коли в запропонованому в даній роботі алгоритмі використовується також двійкове надання координат вершин (2) і коли в методі індексації площин буде використовуватися паралельне оброблення системи залишкових класів з подальшим наданням рядом Фібоначчі (3). Максимум виграш

досягне 58% і 52% відповідно. Для порівняння додаємо ще й першу ситуацію (1) (рис. 3).

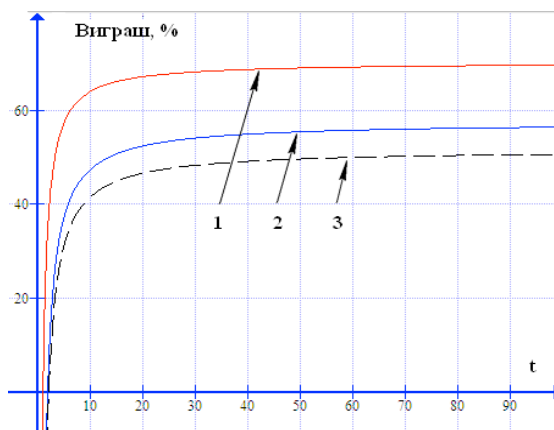


Рисунок 3 – Залежність виграшу різних варіацій кодування геометрії від кількості трикутників t

Також слід розглянути, як змінюється швидкість цифрового потоку зі збільшенням кількості трикутників, враховуючи і зв'язність, і геометрію. Для цього отриману загальну швидкість цифрового потоку будемо співвідносити з кількістю трикутників, використаних у розрахунку для відповідної сіткової моделі. Результат покажемо в табл. 4 та на рис. 4.

Таблиця 4 – Залежність швидкості цифрового потоку (біт/трикутник) від t

Сіткова модель	Загальна швидкість цифрового потоку, біт/координата	Швидкість цифрового потоку, біт/трикутник
«Яблуко»	144,305	9,02
«Ведмедик»	158,316	8,80
«Чашка»	169,579	8,48
«Капельюх»	191,100	8,69
«Стікмен»	202,110	8,42

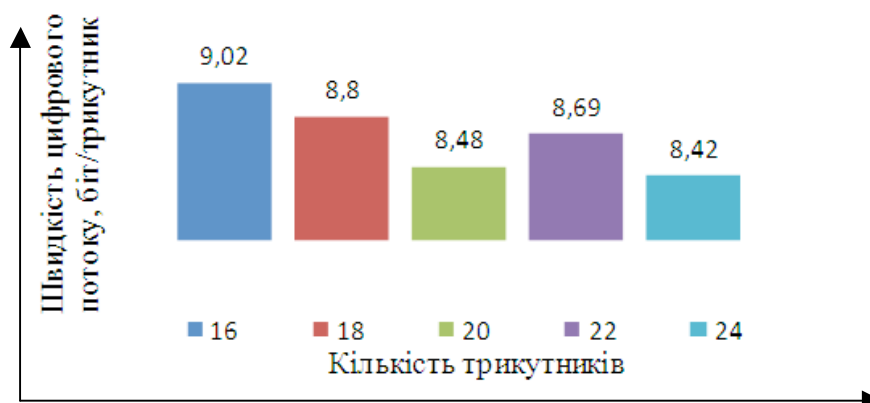


Рисунок 4 – Залежність швидкості цифрового потоку (біт/трикутник) від t

Тому що кожна модель мала свої особливості (різні координати і різні набори позначок), то і швидкість цифрового потоку даних про геометрію і зв'язність, а отже, і залежність швидкості цифрового потоку (біт/трикутник) від кількості трикутників має коливальний характер. Тому знайдемо загальну залежність цифрового потоку (біт/трикутник) від кількості трикутників при використанні запропонованого в роботі алгоритму (рис. 5).



Рисунок 5 – Загальна залежність швидкості цифрового потоку (біт/трикутник) від кількості трикутників

Отже, зі збільшенням кількості трикутників спостерігається спочатку різке зменшення швидкості цифрового потоку, тобто зменшення витрат необхідної кількості біт на один трикутник, а потім плавне встановлення мінімальної кількості біт на трикутник.

Дослідження, що проведене у даній роботі, підтверджують можливість використання комбінованої моделі сіток тривимірних телевізійних зображень, в яких для кодування

топології застосовується алгоритм Edgebreaker, де зв'язність описується позначками, а позначки надаються арифметичним ентропійним кодом без втрат. Кодування геометрії пропонується виконувати за допомогою паралельного оброблення, при цьому вершини трикутників задаються кодами в залишкових класах з подальшим перекодуванням модифікованим рядом Фібоначчі. Запропоновано формулу розрахунку швидкості цифрового потоку для комбінованого алгоритму кодування сітки. Показано, що швидкість залежить від розрядності коду позначок і розрядності коду вершин. Виграш у швидкості цифрового потоку при використанні запропонованого комбінованого методу при зростанні числа трикутників у сітковій моделі досягає 70%. При кодуванні геометрії показник середньої швидкості цифрового потоку, вираженої в бітах, на трикутник може скорочуватися до 8 біт на трикутник за значної кількості трикутників.

ЛІТЕРАТУРА:

1. J. Rossignac, 3D mesh compression, GIT - GVU Technical Report, 2003.
2. Самусь Н.С. Сіткове кодування зображення за алгоритмом Edgebreaker / Н.С. Самусь, О.В. Ошаровська // Цифрові технології – Одеса: Одес. нац. академія зв'язку ім. О.С. Попова. – Одеса, 2014. – № 15. – С.119–124.
3. Samus N.S. 3D image mesh entropy coding” / N.S.Samus, O.V Osharovska // Наукові праці ОНАЗ ім. О.С. Попова. – 2014'2, частина 2. – Одеса, 2014. – С. 214–220.
4. Самусь Н.С. Використання системи залишкових класів при кодуванні геометрії сіткових 3D об'єктів / Н.С. Самусь, О.В Ошаровська // Міжнародний науково-технічний журнал “Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах”. – Хмельницький. – 2015. – № 2 — С. 117–120.
5. Петришин Л.Б. Фибоначчи-подобный метод кодирования сообщений и полибоначчи способ перехода к двоичному исчислению // Вісник східноукраїнського національного університету ім. Володимира Даля. – Луганськ: СНУ ім. В.Даля, 2013. – № 15(204). – С.158–165.

REFERENCES:

1. J. Rossignac, 3D mesh compression, GIT – GVU Technical Report, 2003.
2. Samus N.S., Osharovska O.V. Image mesh coding by Edgebreaker algorithm, Digital Technologies, 2014, №15, pp. 119–124.
3. Samus N.S., Osharovskaya E.V., 3D image mesh entropy coding, Proceedings of the O.S. Popov ONAT, 2014'2, pp. 214–220.
4. Samus N.S., Osharovska O.V. Using a residue number system in the coding 3D mesh geometry objects, Measuring and computing devices in technological processes, 2015, №2(51), pp.117–120.
5. Petryshyn L.B. “Fibonacci-similar method of data coding and polibonacci method transition to binary numeral system”. Visnik of the Volodymyr Dal East Ukrainian National University 15 (2013): pp.158–165.