

УДК 004.925

К.т.н., доцент Сулема Є.С., студент Широчин С.С.

Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут»

## КОМБІНОВАНИЙ СПОСІБ ПОДАННЯ ТРИВИМІРНИХ ЗОБРАЖЕНЬ З ВИКОРИСТАННЯМ КЕШУВАННЯ ПАНОРАМ

### Abstract

*Yevgeniya S. Sulema, assoc. prof., PhD; Semen Shyrochyn, student  
Complex Method for 3D Images Representation Using Panorama Caching*

*This paper is devoted to the method of 3D images representation that considers three levels of data specification. The panorama caching is proposed for optimization of rendering process. Both octrees and voxel models are analyzed in the paper. The advantages of the combination of these models are discussed. The proposed approach can be useful for rendering highly detailed 3D scenes on mobile devices.*

### Вступ

Задача відображення тривимірного зображення на двовимірному екрані є ключовою задачею сучасної комп'ютерної графіки. Вона включає декілька підзадач, в тому числі і підзадачу, пов'язану з пошуком оптимального подання даних про тривимірне зображення, з вибором оптимальної моделі для рендерингу. Під оптимальним розуміємо таке подання даних, коли виконуються наступна умова: забезпечення достатнього для певної прикладної задачі рівню деталізації та високої якості, інформативності і реалістичності зображення при мінімальному обсязі даних, що зберігаються та обробляються, та мінімальній кількості операцій, що виконуються під час рендерингу.

Існує багато моделей рендерингу [1-3]. В даній статті проаналізовано основні з них та запропоновано комбіновану модель рендерингу, яка дозволить забезпечити оптимальне подання даних про тривимірне зображення.

### Мета дослідження та постановка задачі

Метою дослідження є розробка алгоритму тривимірного рендерингу растрових графічних даних, який задовольняє такі вимоги:

- швидка зміна рівня деталізації,
- робота в реальному часі,

- робота з високодеталізованими даними, отриманими при реконструкції тривимірних зображень.

Задача, що розглядається у даній статті, полягає в виборі набору структур для подання даних про тривимірне зображення.

## **Термінологія**

*Рендеринг* – процес побудови тривимірного зображення з тривимірної моделі [1].

*Воксель* – одиничний елемент тривимірного зображення, є об'ємним аналогом пікселя.

*Октарне дерево* – ієрархічна структура даних. Першим вузлом дерева, що називається коренем, є куб. Кожен куб або поділяється на 8 нащадків, або не має жодного. Вузол з нащадками називається внутрішнім вузлом. Вузол без нащадків називається листом [2].

*Карта висот* – зображення, кожна точка якого має колір, що означає рівень висоти (або глибини) в цій точці відносно певного базового рівня. З точки зору структур даних карта висот являє собою двомірний масив.

*Воксельна модель* – це спосіб подання даних про тривимірний об'єкт, що ґрунтується на декомпозиції тривимірного простору. Класичні воксельні моделі являють собою тривимірний масив, кожному елементу якого поставлений у відповідність колір та коефіцієнт прозорості. Такий масив задає наближення об'єкта з точністю, обумовленою роздільною здатністю масиву. Основними перевагами цього способу подання даних про тривимірний об'єкт є простота та регулярна структура даних, що дозволяє створювати ефективні алгоритми для візуалізації цих об'єктів. Основним недоліком є великі витрати пам'яті (пропорційні об'єму сцени).

## **Опис способу**

Нехай задана високодеталізована тривимірна сцена, побудована за фотографічними зразками. Оскільки для зручного перегляду візуалізованої сцени необхідно забезпечити навігацію всередині сцени з оптимальною швидкістю без втрати деталізації, то пропонується застосовувати три види подання сцени:

- октарне дерево вокселів (найповільніше, найточніше подання),
- карти висот груп вокселів (середнє за якістю і швидкодією подання),
- проєкції груп вокселів (найшвидше, найменш точне подання).

В процесі візуалізації в залежності від відстані до об'єктів, що візуалізуються, обираємо відповідний вид представлення, мінімізуючи похибку зображення та зберігаючи швидкість роботи. Ці подання не

залежать від кількості деталей, що містяться на сцені, тому при збільшенні деталізації витрати обчислювальних ресурсів не збільшуються.

Для організації даних сцени пропонується використовувати октарне дерево. Це дає можливість прискорити відображення необхідних елементів з заданим рівнем деталізації, а також прискорити пошук в базі даних. Октарне дерево дає можливість зберігати дані з різними рівнями деталізації. Основні причини застосування октарного дерева:

- вихідні дані є растровими,
- октарні дерева включають в себе вокселі,
- можливість забезпечення потрібних рівнів деталізації.

Оскільки рендеринг усього осяжного простору потребує значних потужностей, пропонується розділити сцену за відстанню на 2 категорії:

- кешовані пласкі проекції для далеких об'єктів,
- карти висот для ближніх об'єктів.

Отже, тоді рендеринг буде полягати у:

- 1) встановленні видимості усіх воксельних даних, що потрапляють в зону осяжності,
- 2) розподілі сцени на дальні і ближні об'єкти,
- 3) рендерингу дальніх об'єктів як двовимірних панорам та доданні їх у кеш,
- 4) рендерингу ближніх об'єктів як тривимірних карт висот.

Таким чином, ближні об'єкти будуть тривимірними, а панорами фону будуть двовимірними. Новизна даного підходу в тому, що кешування панорам та їх обробка перед візуалізацією відбувається над "двовимірними" даними і, отже, потребує менших обчислювальних потужностей. Кешування дає змогу зменшити навантаження на системні ресурси. Їх витрати залежатимуть лише від розмірів екрану і не будуть залежати від складності сцени. На невеликих екранах це забезпечить значну економію пам'яті і процесорних ресурсів, що у свою чергу, надасть можливість візуалізувати високодеталізовані сцени на мобільних пристроях.

### **Порівняльний аналіз запропонованого способу**

Нехай потрібно відтворити сцену розміром  $n$ , що містить  $K$  вокселів. Проведемо порівняння складності алгоритмів, які ґрунтуються на деяких моделях рендерингу, включаючи запропонований спосіб. Порівняння робиться за кількістю об'єктів, що необхідно зобразити. При полігональному моделюванні вимірюють кількість полігонів. У випадку вокселів вимірюють складність, беручи до уваги розміри видимої області

сцени та кількість вокселів. Результати порівняння представлені у Таблиці 1.

Таблиця 1

Складність моделей рендерингу

Вид моделі	Без оптимізації	З оптимізацією
Полігональне моделювання	$O(n^3)$ від деталізації	$O(n^2 \cdot \log n)$
Воксельне подання	$O(n^3)$ від об'єму	$O(n^3 \cdot K)$
Вокселі (октарне дерево)	$O(n^3)$ від об'єму	$O(n^2 \cdot \log n \cdot K)$
Вокселі (кешування і октарне дерево)	$O(n^3)$ від об'єму	$O(n^2 \cdot \log n \cdot \log K)$

Таким чином, застосування кешування у поєднанні з використанням октарного дерева дає найкращий результат серед усіх випадків, що базуються на воксельному поданні. Запропонований комбінований спосіб подання даних вимагає найменшої кількості ресурсів у порівнянні з іншими випадками, де використовується воксельне моделювання.

### Висновок

Запропонований спосіб подання даних про тривимірне зображення є основою алгоритму рендерингу, що ґрунтується на кешуванні фрагментів моделі. Цей алгоритм дозволить відображати тривимірні моделі довільного розміру з високою деталізацією без втрати швидкості. Порівняння запропонованого способу з найбільш поширеними способами дозволяє зробити висновок про його достатньо високу ефективність.

### Література

1. *M. Botsch, A. Wiratanaya, L. Kobbelt.* Efficient High Quality Rendering of Point Sampled Geometry. // Proceedings of the 13th Eurographics workshop on Rendering, Pisa, Italy. – 2002. – pp. 53-64.
2. *D. Benson, J. Davis.* Octree Textures. // SIGGRAPH Conference Proceedings. – 2002. – pp. 785-790.
3. *P.Santos, R. de Toledo, M. Gattass.* Solid Height-map Sets: modeling and visualization. // Proceedings of the 2008 ACM symposium on Solid and physical modeling. – New York, Stony Brook. – 2008. – pp. 359-365.