

ВИКОРИСТАННЯ МОДИФІКОВАНОЇ MIP-ПІРАМІДИ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ PARALLAX MAPPING

¹Вінницький національний технічний університет

Виконання рельєфного текстуровання з використанням технології parallax mapping вимагає значних обчислювальних затрат на трасування видового вектора. Запропоновано метод трасування видового вектора з використанням модифікованої MIP-піраміди карти висот, що дає можливість істотно підвищити продуктивність parallax mapping.

Ключові слова: текстуровання, накладання текстур, рельєфне текстуровання, MIP-mapping, parallax mapping.

Вступ

Для забезпечення високого рівня реалістичності візуалізації тривимірних сцен використовують методи текстуровання, які дозволяють врахувати усі локальні особливості поверхні без надмірного ускладнення геометрії моделі. Процедури накладання текстур успішно застосовують для відтворення на поверхні моделей кольорів, фактури, нерівностей, імітації відбиття світла та інших візуальних властивостей [1], [2].

Використання текстур для імітації нерівностей на поверхні передбачає встановлення співвідношення між екранними координатами об'єкта та координатами текстури. Для реалістичного відтворення нерівностей використовують різні методи рельєфного текстуровання: bump mapping, displacement mapping, normal mapping, parallax mapping. При цьому, найвищий рівень реалістичності забезпечує parallax mapping [3], [4].

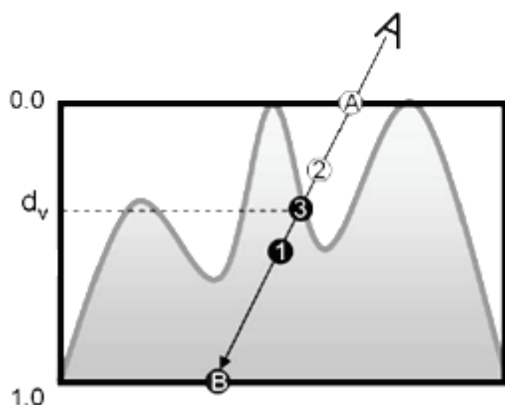


Рис. 1. Трасування видового вектора для визначення зміщення текстурних координат

Parallax mapping використовується для процедурного створення тривимірної генерації текстурованої поверхні з використанням карт висот замість генерації побудови геометрії. Parallax mapping виконують шляхом зміщення текстурних координат таким чином, щоб поверхня здавалася об'ємною. Основна ідея методу полягає в тому, щоб визначати колір пікселя за текстурними координатами в тій точці, де видовий вектор перетинає поверхню (рис. 1). Для зміщення текстурних координат виконують трасування променів до карти висот [3], [4].

Складність алгоритму parallax mapping [3], [4] залежить від максимально можливої кількості ітерацій трасування видового вектора. Максимально кількість ітерацій визначається довжиною вектора. Довжина вектора в найскладнішому випадку дорівнює довжині діагоналі текстурної карти. Існуючі методи підвищення продуктивності parallax mapping без уточнення кроку трасування дозволяють зменшити кількість ітерацій, проте не забезпечують належної точності обчислень, що призводить до зниження реалістичності зображення. Приріст продуктивності від використання методів parallax mapping з уточненням кроку трасування істотно залежить від рельєфу конкретної поверхні, а тому не завжди є достатньо прийнятним. Тому метою дослідження є підвищення продуктивності parallax mapping без втрати точності в процесі визначення текстурних координат.

Результати дослідження

Підвищення продуктивності parallax mapping, у багатьох випадках, можна досягти за рахунок використання додаткової спеціальної MIP-піраміди [2] для зберігання карти висот.

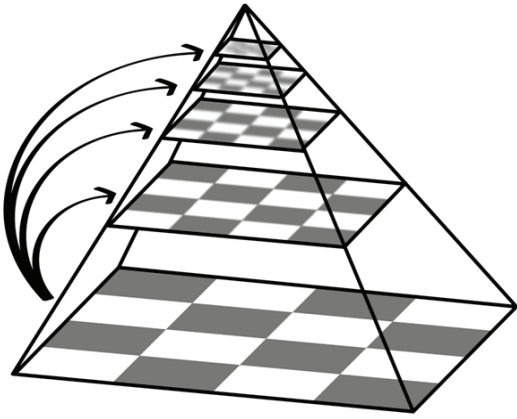


Рис. 2. MIP-піраміда, сформована шляхом усереднення значень кольорів

У звичайній MIP-піраміді (далі — піраміда середніх значень) значення кожного текселя дорівнює середньому значенню чотирьох сусідніх текселів на попередньому MIP-рівні (рис. 2). У додаткову піраміду (далі — піраміда максимальних значень) запишемо замість середнього значення максимальне значення висоти у чотирьох точках (рис. 3).

У подальшому трасування видового вектора слід виконувати по черзі на усіх MIP-рівнях піраміди максимальних значень, починаючи з найвищого та закінчуючи рівнем, який відповідає необхідній роздільній здатності (далі — базовий MIP-рівень).

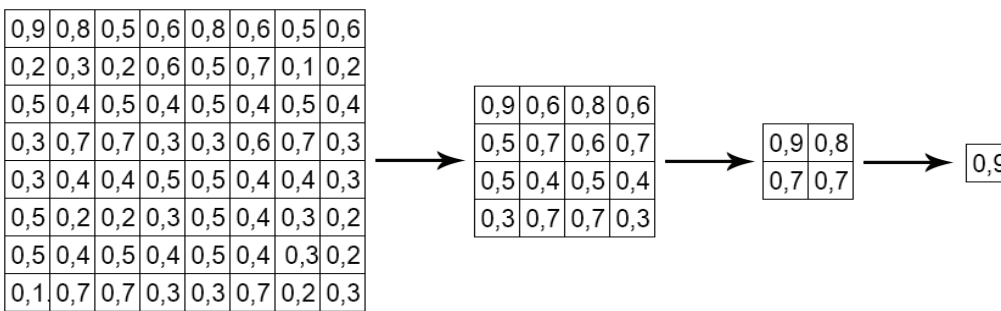


Рис. 3. Приклад MIP-піраміди максимальних значень

На найвищому MIP-рівні текстура складається лише з одного текселя. Значення цього текселя рівне висоті найвищої точки поверхні. Якщо це значення рівне значенню висоти, що відповідає початковим текстурним координатам на базовому рівні піраміди середніх значень, то текстурні координати відповідають найвищій точці. Це гарантує, що точка не перекривається жодною висотою, а тому трасування виконувати не потрібно. Якщо значення більше, то слід виконати трасування на наступному MIP-рівні.

На другому MIP-рівні площа текстури рівна чотирьом текселям. Тому, максимально можлива довжина видового вектора складає 2 текселя, а максимальна кількість ітерацій трасування — 2. Якщо значення текселя менше висоти вектора в поточній точці, то половина вектора гарантовано не має точки перетину із поверхнею. Якщо значення обох текселів менше висоти вектора то точка не перекривається, а тому подальше трасування не проводиться. Якщо значення текселя перевищує висоту вектора в певній точці, то ймовірно, що в цій ділянці вектора на базовому MIP-рівні може існувати точка перетину вектора із поверхнею.

У такому випадку слід продовжити трасування на нижчому MIP-рівні. Оскільки роздільна здатність текстури з переходом на нижчий рівень збільшується вдвічі, то текстурні координати вектора обчислюються за формулою

$$\overline{V}_{i+1} = \overline{V}_i \times 2,$$

де \overline{V}_{i+1} — координати на нижчому MIP-рівні; \overline{V}_i — координати на поточному MIP-рівні.

Якщо на нижчому MIP-рівні трасування також виявило точку, значення якої більше за висоту вектора, то слід продовжити рекурсивну перевірку нижчих MIP-рівнів до базового (рис. 4). При цьому на кожному рівні рекурсії кількість ітерацій трасування не перевищить 2.

Якщо на одному із MIP-рівнів трасування не виявило жодної точки, значення якої перевищує висоту вектора, то точка, висота якої перевищує висоту вектора на цій ділянці текстури, існує, проте вона не належить проєкції вектора на площину. В такому разі перетину вектора з площиною на цій ділянці текстури немає (рис. 5). У цьому випадку слід повернутись на вищий MIP-рівень і продовжити трасування.

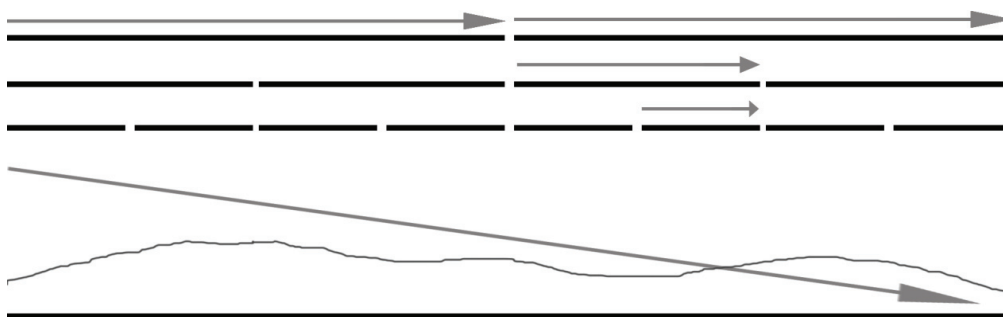


Рис. 4. Трасування видового вектора на різних MIP-рівнях

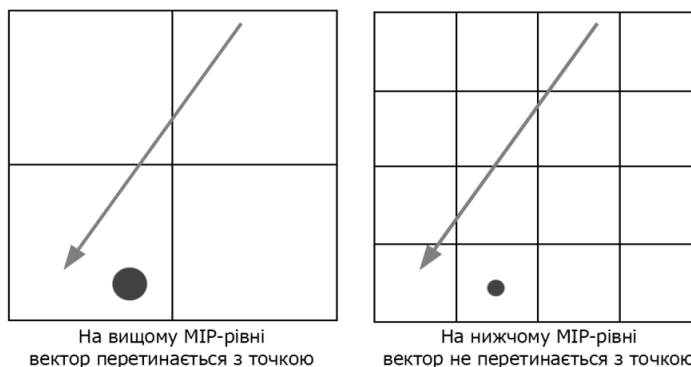


Рис. 5. Наявність точки перетину на ділянці не підтверджується

Трасування закінчується, коли рекурсія досягла базового рівня та наявність точки перетину підтвердилась. Приклад зображення, сформованого описаним методом, показано на рис. 6.



Рис. 6. Зображення, сформоване описаним методом

Таким чином, трасування на MIP-рівнях, вищих за базовий, дозволяє виключити з обчислювального процесу перевірку значних ділянок текстури.

Продуктивність методу залежить від особливостей рельєфу поверхні, а доцільність його використання слід встановлювати експериментально для конкретної карти висот. Найвищу продуктивність, порівняно зі звичайним трасуванням вектора, вдається досягти у разі відтворення поверхонь, що характеризуються значними відстанями між перепадами висот, наприклад, цегляні стіни. Такі поверхні мають значну кількість ділянок подібної висоти, які можливо вилучити з обчислювального процесу при трасуванні на вищому MIP-рівні.

Можливе комбіноване використання MIP-піраміди з іншими методами трасування видового променя. Наприклад, шляхом трасування на одному з середніх MIP-рівнів, можна визначити ділянки, які доцільно перевірити одним з методів з уточненням кроку та вилучити з обчислювального процесу ділянки, які перевіряти немає сенсу.

Висновки

Виконання рельєфного текстування з використанням технології parallax mapping вимагає значних обчислювальних затрат на трасування видового вектора. Запропоновано метод трасування видового вектора з використанням модифікованої MIP-піраміди карти висот, що дає можливість істотно підвищити продуктивність parallax mapping.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] С. И. Вяткин, А. Н. Романюк, и А. А. Дудник, «Анизотропная фильтрации текстуры в реальном времени». *Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах*, № 4, 2015.
- [2] О. О. Дудник, и О. Н. Романюк, «Аналіз методів фільтрації текстур» на *Міжнародна науково-практична Інтернет-конференція «Молодь в технічних науках: дослідження, проблеми, перспективи (МТН-2015)»*. Вінниця, 2015, [Електронний ресурс]. Режим доступу : <http://conf.inmad.vntu.edu.ua/fm/index.php?page=materials&line=11&mat=115>.
- [3] О. Н. Романюк, О. О. Дудник, та О. В. Романюк, «Модифікований метод parallax mapping з використанням карти відстаней до поверхні.» *Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія*, № 1, с. 78-82, 2017.
- [4] О. Н. Романюк, О. О. Дудник, «Особенности анизотропной фильтрации текстур при использовании технологии parallax mapping,» *Вісник Хмельницького національного університету, Серія «Технічні науки»*, № 1, с. 236-245, 2017.

Рекомендована кафедрою програмного забезпечення ВНТУ

Стаття надійшла до редакції 22.01.2018

Романюк Олександр Никифорович — д-р техн. наук, професор, професор кафедри програмного забезпечення, e-mail: rom8591@gmail.com ;

Дудник Олександр Олександрович — аспірант кафедри програмного забезпечення, e-mail: dudnyk@vntu.edu.ua .

Вінницький національний технічний університет, Вінниця

O. N. Romaniuk¹
O. O. Dudnyk¹

Using a Modified MIP-pyramid to Improve Parallax Mapping Performance

¹Vinnitsia National Technical University

The use of textures to simulate the irregularities on the surface provides for the establishment of ratio between screen coordinates and texture coordinates. For realistic playback irregularities there have been used different methods of texturing a relief. At the same time, the highest level of realism provides parallax mapping.

Parallax mapping is used to procedurally create three-dimensional generation of a textured surface using height maps instead of generating the building geometry. Parallax mapping is accomplished by offset of the texture coordinates so that the surface look fuller. The basic idea of the method is to determine the color of the pixel with texture coordinates at the point where the species vector intersects the surface. To offset the texture coordinates do the ray tracing to the height map. It requires a high computational cost. Existing methods to improve performance, often, lead to artifacts and do not provide an acceptable level of realism. Therefore, the aim of this research is to improve performance parallax mapping without loss of accuracy in determining the texture coordinates. Improving the performance of parallax mapping can be achieved through the use of additional special MIP-pyramid for storing the height map. In this pyramid instead of the average values of the four texels record the maximum value of the height at four points. The trace of the vector species should be performed alternately on all the MIP -the pyramid, starting from the highest and ending with the level that corresponds to the required resolution. Tracing the MIP -levels higher than the base allows excluding from the computational process inspection of large areas of texture.

The proposed method trace of the vector species with the use of a modified MIP-pyramid elevation map gives the possibility to significantly improve the performance of parallax mapping in many cases.

Keywords: texturing, texture mapping, relief texturing, MIP mapping, parallax mapping.

Romaniuk Oleksandr N. — Dr. Sc. (Eng.), Professor, Professor of the Chair of Software, e-mail: rom8591@gmail.com ;

Dudnyk Oleksandr O. — Post-Graduate Student of the Chair of Software, e-mail: dudnyk@vntu.edu.ua

А. Н. Романюк¹

А. А. Дудник¹

Использование модифицированной MIP-пирамиды для повышения производительности PARALLAX MAPPING

¹Винницкий национальный технический университет

Выполнение рельефного текстурирования с использованием технологии parallax mapping требует значительных вычислительных затрат на трассировку видового вектора. Предложен метод трассировки видового вектора с использованием модифицированной MIP-пирамиды карты высот, что позволяет существенно повысить производительность parallax mapping.

Ключевые слова: текстурирование, наложение текстур, рельефное текстурирование, MIP-mapping, parallax mapping.

Романюк Александр Никифорович — д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры программного обеспечения, e-mail: rom8591@gmail.com ;

Дудник Александр Александрович — аспирант кафедры программного обеспечения, e-mail: dudnyk@vntu.edu.ua