

ОСОБЛИВОСТІ АНІЗОТРОПНОЇ ФІЛЬТРАЦІЇ ТЕКСТУР ПРИ ВИКОРИСТАННІ ТЕХНОЛОГІЇ PARALLAX MAPPING

Проаналізовано основні недоліки анізотропної фільтрації текстур при використанні технології parallax mapping, що призводять до зниження якості вихідного зображення. Запропоновано шляхи підвищення реалістичності формування зображень при використанні анізотропної фільтрації текстур та технології parallax mapping.

Ключові слова: текстурування, фільтрація текстур, анізотропна фільтрація, рельєфне текстурування, texture mapping, texture filtering, anisotropic filtering, parallax mapping

A.N. ROMANYUK, O.O. ARCHANGEL
Vinnytsia National Technical University

FEATURES OF ANISOTROPIC FILTERING OF TEXTURE BY USE PARALLAX MAPPING TECHNOLOGY

The article analyzes the main shortcomings of the anisotropic filtering of textures with parallax mapping, leading to a decrease in the quality of the output image. Suggested ways of improving the realism of imaging when using anisotropic filtering of textures technology parallax mapping.

Keywords: texture, texture filtering, anisotropic filtering, texturing relief, texture mapping, texture filtering, anisotropic filtering, parallax mapping

Постановка задачі

Підвищення інформативності комп'ютерної графіки досягають за рахунок формування зображень, які точно відтворюють конструктивні та візуальні особливості об'єкта. При формуванні таких зображень у графічних системах необхідно відображати сцени з великою деталізацією, тому на даному етапі розвитку комп'ютерної графіки особливу увагу приділяють не тільки швидкодії формування графічних зображень, але й їх реалістичності. При побудові високореалістичних зображень використовують текстури, які накладають на графічні об'єкти [1-6].

Текстурування є важливою процедурою 3D-рендерингу, оскільки дозволяє відтворити також малі об'єкти поверхні, створення яких полігонами виявилось б надмірно ресурсомістким. Наприклад, складки на одязі, дрібні камені, предмети на поверхні стін і ґрунту та багато іншого [1, 2]. Текстура використовується в якості шару для додання певного ефекту або зміни геометрії всьому зображенню або його частини. Генерація текстури полягає в проектуванні зображення на тривимірну поверхню.

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 текстурування: bump mapping, displacement mapping, normal mapping, parallax mapping. При цьому, найвищий рівень реалістичності забезпечує parallax mapping [3, 4].

Сучасні методи фільтрації текстур не враховують особливостей рельєфного текстурування з використанням технології parallax mapping, що може призводити до зниження якості зображення. Тому існує потреба у розробці методів анізотропної фільтрації з урахуванням особливостей parallax mapping.

Аналіз досліджень та публікацій

Текстурування [1-2]— це спосіб надання фактурних особливостей 3D деталі — полігону: кольору, блиску, матовості та інших фізичних властивостей (для імітації природного матеріалу, наприклад: паперу, дерева, каменю, металу тощо).

Текстурування є важливою процедурою 3D-рендерингу, оскільки дозволяє відтворити також малі об'єкти поверхні, створення яких з використанням полігоів виявилось б надмірно ресурсомістким. Наприклад, складки на одязі, дрібні камені, предмети на поверхні стін і ґрунту та багато іншого [1, 2]. Текстура використовується в якості шару для додання певного ефекту або зміни геометрії всьому зображенню або його частини. Генерація текстури полягає в проектуванні зображення на тривимірну поверхню.

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 текстурування: bump mapping, displacement mapping, normal mapping, parallax mapping. При цьому, найвищий рівень реалістичності забезпечує parallax mapping [3, 4].

Parallax mapping використовується для процедурного створення тривимірної генерації текстурованої поверхні з використанням карт висот замість генерації побудови геометрії. Основна ідея методу полягає в тому, щоб визначити 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].

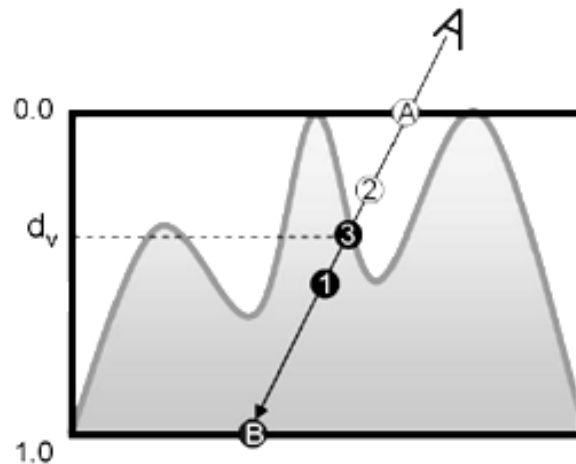


Рис. 1. Трасування видового вектора для визначення зміщення текстурних координат

Визначення кольору пікселя на екрані шляхом врахування кольору лише одного текселя, призводить до появи різноманітних помилок візуалізації – артефактів. Тому для визначення кольору пікселя використовують різні методи фільтрації текстур [1,2]. На даному етапі при текстуруванні широко використовується анізотропна фільтрація, яка дозволяє більш точно визначати кольори пікселів, які відповідають елементам текстури, що розташовані не паралельно екрану. Це найбільш якісний метод текстурування. На відміну від ізотропних видів фільтрації (білінійна та трілінійна) використовується проекція пікселя на текстурну поверхню [1, 2, 5].

При анізотропній фільтрації проекція пікселя на поверхню текстури розглядається як витягнутий еліпс (рис. 2) та передбачає усереднення кольору текселів усередині проекції, що дозволяє точніше визначати кольори пікселів [1, 2, 5].

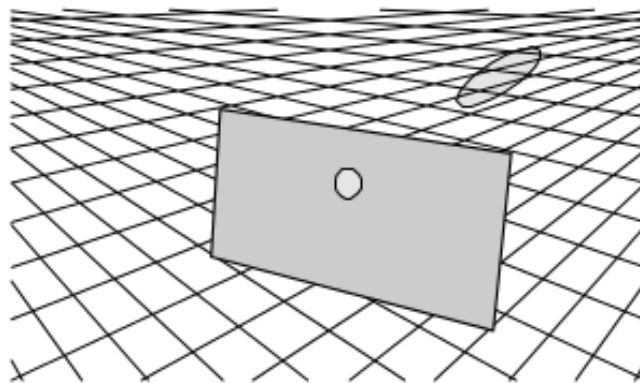


Рис. 2. Проекція пікселя на поверхню текстури

Виділення невіршених частин

Виконання анізотропної фільтрації при текстуруванні з використанням техніки parallax mapping може призводити до некоректного визначення кольорів пікселів, надмірного розмиття окремих ділянок зображення. Відомі методи анізотропної фільтрації не враховують нерівності поверхні, а тому всі текселі, що формують проекцію пікселя на текстуру в формі еліпса, вважаються видимими для користувача та використовуються для визначення кольору пікселя. Тому існує потреба в розробці методів підвищення якості формування зображень з використанням технік анізотропної фільтрації текстур та parallax mapping.

Формулювання цілей

Множина необхідних для фільтрації текселів (T), описується рівнянням еліпса:

$$AU^2 + BUV + CV^2 = F,$$

де $U = u - u_0$, $V = v - v_0$; A, B, C, F - параметри рівняння, що обчислюються за формулами:

$$(U_x, V_x) = \left(\frac{du}{dx}, \frac{dv}{dx} \right)$$

$$\begin{aligned}
 (U_y, V_y) &= \left(\frac{du}{dy}, \frac{dv}{dy} \right), \\
 A &= V_x^2 + V_y^2, \\
 B &= -2(U_x V_x + U_y V_y), \\
 C &= U_x^2 + U_y^2, \\
 F &= (U_x V_y + U_y V_x)^2,
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

При цьому похідні знаходять за формулами:

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial u}{\partial x} &= u(x+1, y) - u(x, y), & \frac{\partial v}{\partial x} &= v(x+1, y) - u(x, y), \\
 \frac{\partial u}{\partial y} &= u(x, y+1) - u(x, y), & \frac{\partial v}{\partial y} &= v(x, y+1) - u(x, y).
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

Із формул (1) і (2) видно, що форма та положення проекції пікселя на текстуру залежить як від текстурних координат, що відповідають даному екранному пікселю, так і від текстурних координат, що відповідають сусіднім екранним пікселям (рис 2).

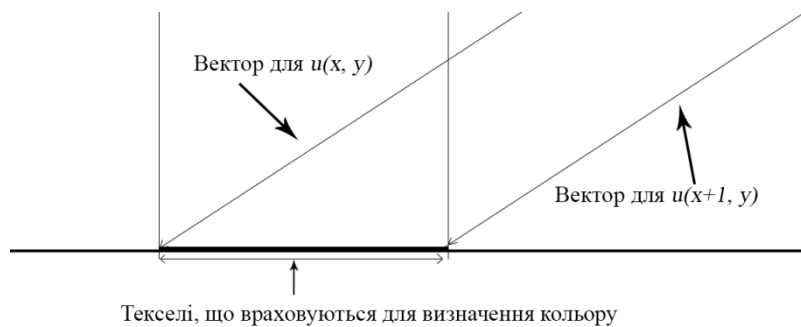


Рис. 2.Текселі, що формують колір пікселя при при анізотропній фільтрації без parallax mapping

При тестуванні з використанням технології parallax mapping, координати текселів, що відповідають екранним пікселям зміщуються і формули (2) набувають виду:

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial u}{\partial x} &= u(x+1, y) + n - u(x, y) + m, & \frac{\partial v}{\partial x} &= v(x+1, y) + o - u(x, y) + m, \\
 \frac{\partial u}{\partial y} &= u(x, y+1) + p - v(x, y) + r, & \frac{\partial v}{\partial y} &= v(x, y+1) + s - v(x, y) + r,
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

де n, m, o, p, r, s - зміщення текстурних координат відповідно до карти висот. Це призводить до зміни форми та площі ділянки текстури, що формує колір пікселя (рис 3).

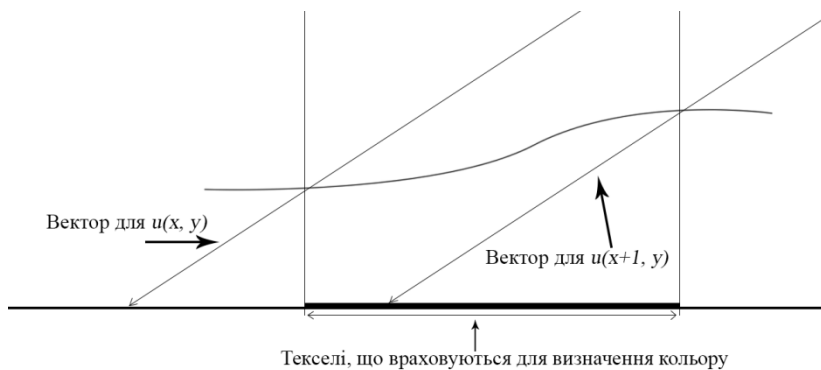


Рис. 3. Текселі, що формують колір пікселя при при анізотропній фільтрації з parallax mapping

З урахуванням видимості для користувача, множину текселів T можна розділити на дві підмножини: множина видимих текселів T_{vis} і множина невидимих текселів T_{invis} , таких, що $T = T_{vis} \cup T_{invis}$, при чому $\forall t \in T_{vis} : t \notin T_{invis}$, $T_{vis} \neq \emptyset$. При цьому, із збільшенням площі проекції,

збільшується вірогідність того, що $T_{invis} \neq \emptyset$, тобто охоплення множиною T ділянок, що перекриваються іншими ділянками, що мають більшу висоту (рис. 4). Неточності при визначенні кольорів виникають саме в результаті того, що при фільтрації враховуються текселі підмножини T_{invis} .

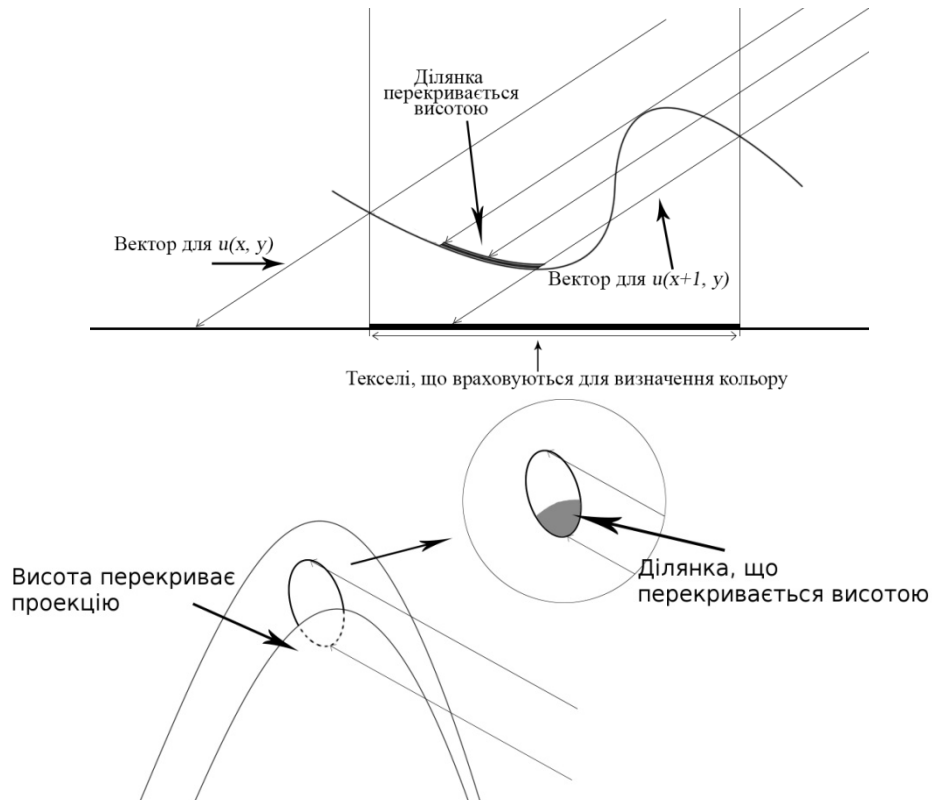


Рис. 4. Перекриття частини проекції пікселя нерівностями з більшою висотою

Для усунення неточностей при визначенні кольорів, слід виконувати трасування видового променя для кожного текселя множини T з метою виокремити елементи $t \in T_{invis}$ для виключення їх з обчислювального процесу (рис 5).

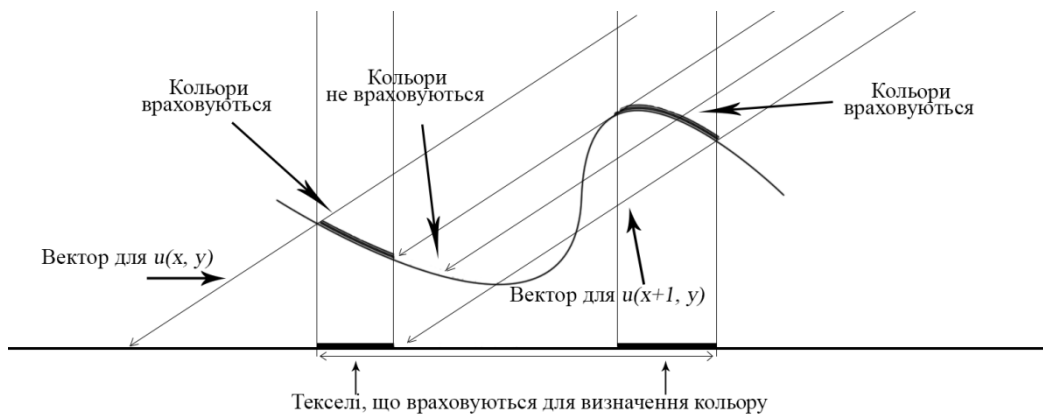


Рис. 5. Визначення текселів, що не повинні враховуватись при фільтрації

Оскільки при ортогональному порядку обходу текселів напрямок обходу не збігається з напрямком проекції видового променя, описана процедура може призводити до того, що в окремих випадках, деякі текселі $t \in T_{vis}$ можуть бути враховані двічі. Така ситуація виникає, коли видовий промінь проходить через точки, що відповідають двом текселям, один із яких $t_1 \in T_{vis}$, а інший $t_2 \in T_{invis}$, і t_1 в порядку обходу з'являється раніше за t_2 (рис 6). Для вилучення з обчислювального процесу подвійного врахування текселів, слід виділити в пам'яті окремий буфер для зберігання координат текселів, що уже були враховані та перед врахуванням кожного текселя перевіряти його наявність в буфері.

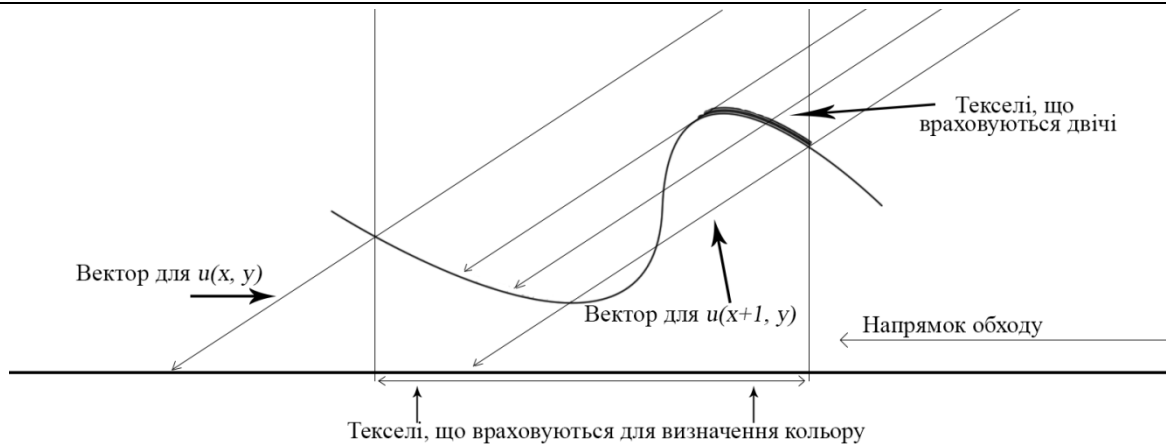


Рис. 6. Текселі що, можуть бути враховані двічі

Трасування променів для кожного текселя вимагає значних обчислювальних затрат, тому по можливості, необхідно визначити інші умови для виключення текселів із процесу фільтрації. Текселі в середині проекції проходять порядково. Як тільки у рядку зустрівся тексель, що $t_1 \in T_{invis}$, обхід рядка слід зупинити, та почати з іншого кінця у зворотному напрямку і продовжувати до тих пір, поки не зустрінеться ще один тексель, що $t_2 \in T_{invis}$. Множину текселів, що знаходяться між t_1 і t_2 позначимо T_1 . Оскільки вірогідність існування такої множини T_2 , що $\forall T_2 \in T_{vis} : T_2 \in T_1$, достатньо низька, а у випадку коли така множини існує її розмір не може бути достатньо великим по відношенню до розміру усієї множини T , щоб істотно вплинути на колір пікселя.

Висновки

Виконання анізотропної фільтрації при текстурованні з використанням техніки parallax mapping може призводити до появи артефактів. Розроблено метод врахування рельєфних особливостей поверхні при анізотропній фільтрації текстур для підвищення реалістичності формування зображень.

Література

1. Романюк О.Н. Метод підвищення продуктивності перспективно-коректного текстуровання/ О.Н. Романюк, О.О. Дудник, // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: Інформатика, кібернетика та обчислювальна техніка. - 2016. - Вип. 1. — С. 43— 46.
2. Романюк О.Н. Підвищення продуктивності перспективно-коректного текстуровання з використанням анізотропної фільтрації/ О.Н. Романюк, О.О. Дудник, // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах, №3' 2016 (56) — С. 192— 195.
3. Kaneko T. Detailed Shape Representation with Parallax Mapping // Omomichi Kaneko, Toshiyuki Takahei, Masahiko Inami, Naoki Kawakami, Yasuyuki Yanagida, Taro Maeda, Susumu Tachi // Proceedings of ICAT 2001, pp. 205—208
4. Татарчук Н. Practical Dynamic Parallax Occlusion Mapping - SIGGRAPH 2005
5. Paul S. Heckbert, Survey of texture mapping // Graphics Interface '1986.
6. Романюк О. Н. Високопродуктивні методи та засоби зафарбовування тривимірних графічних об'єктів. Монографія. / О. Н. Романюк, А. В. Чорний. - Вінниця : УНІВЕСУМ-Вінниця, 2006 — 190 с.

Рецензія/Peer review : 15.1.2017 р.

Надрукована/Printed :20.2.2017 р.
Рецензент : д.т.н., проф. Троцишин І.В.