

УДК 004.925.4

О.Н. Романюк, д-р техн. наук, проф.,
О.О. Дудник, аспірант
Вінницький національний технічний університет
ran12345@mail.ru

Метод підвищення продуктивності перспективно-коректного текстурування

Запропоновано модифікацію методу Хекберта, в якій використано ітераційні формули для визначення координат текселів, що дозволило зменшити кількість операцій додавання та множення, і як наслідок підвищити продуктивність.

Запропоновано метод розпаралелення процесу визначення текстурних координат, що базується на методі Хекберта. Метод дозволяє істотно підвищити швидкість процесу текстурування.

Ключові слова: перспективна проекція, метод Хекберта, текстурування.

Вступ

Підвищення інформативності комп'ютерної графіки досягають за рахунок формування зображень, які точніше 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. Тому при побудові високореалістичних зображень використовують текстури, які накладають на графічні об'єкти.

Аналіз літератури та постановка задачі

Текстурування — 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) [2,4].

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 додавання 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. Розрізняють афінне [1, 2, 3] та перспективно-коректне накладання текстур [1, 3].

При афінному текстуруванні [1, 2] текстурні координати лінійно інтерполюються вздовж рядка растеризації, що призводить до появи артефактів та недостовірного відтворення перспективи об'єкта.

При перспективно-коректному текстуруванні використовують нелінійні функції, розрахунок яких передбачає поліксельне виконання трудомістких операцій. Перспективно-коректне текстурування у переважній більшості випадків реалізують за методом Хекберта [1, 4]:

$$\begin{aligned} u_i &= \frac{A_1 \cdot x_i + B_1 \cdot y_i + C_1}{D \cdot x_i + E \cdot y_i + F}, \\ v_i &= \frac{A_2 \cdot x_i + B_2 \cdot y_i + C_2}{D \cdot x_i + E \cdot y_i + F}. \end{aligned} \quad (1)$$

де u і v – текстурні координати, x і y – екранні координати об'єкта, $A_1, A_2, B_1, B_2, C_1, C_2, D, E, F$ – коефіцієнти полігону, який текстурується.

Як видно з формули (1), знаходження текстурних координат є трудомісткою процедурою, тому існує потреба у розробці методів, які б мали більш просту реалізацію.

Якщо $x_{i+1} = x_i + I$, то

$$u_{i+1} = \frac{A_1 \cdot (x_i + 1) + B_1 \cdot y_i + C_1}{D \cdot (x_i + 1) + E \cdot y_i + F} = \frac{(A_1 \cdot x_i + B_1 \cdot y_i + C_1) + A_1}{(D \cdot x_i + E \cdot y_i + F) + D}$$

Отже для u_0 формула має вигляд:

$$u_0 = \frac{A_1 \cdot (x_0 + 0) + B_1 \cdot y_i + C_1}{D \cdot (x_0 + 0) + E \cdot y_i + F} = \frac{A_1 \cdot x_0 + B_1 \cdot y_i + C_1}{D \cdot x_0 + E \cdot y_i + F}$$

Для u_1 :

$$u_1 = \frac{A_1 \cdot (x_0 + 1) + B_1 \cdot y_i + C_1}{D \cdot (x_0 + 1) + E \cdot y_i + F} = \frac{A_1 \cdot x_0 + A_1 + B_1 \cdot y_i + C_1}{D \cdot x_0 + D + E \cdot y_i + F}$$

Для u_2 :

$$u_2 = \frac{A_1 \cdot (x_0 + 2) + B_1 \cdot y_i + C_1}{D \cdot (x_0 + 2) + E \cdot y_i + F} = \frac{A_1 \cdot x_0 + A_1 \cdot 2 + B_1 \cdot y_i + C_1}{D \cdot x_0 + D \cdot 2 + E \cdot y_i + F}$$

Таким чином, для u_n формула має вигляд:

$$u_n = \frac{A_1 \cdot (x_0 + n) + B_1 \cdot y_i + C_1}{D \cdot (x_0 + n) + E \cdot y_i + F} = \frac{A_1 \cdot x_0 + A_1 \cdot n + B_1 \cdot y_i + C_1}{D \cdot x_0 + D \cdot n + E \cdot y_i + F} \quad (2)$$

Аналогічну формулу можна записати й для v_n .

$$v_n = \frac{A_2 \cdot x_i + B_2 \cdot y_0 + B_2 \cdot n + C_2}{D \cdot x_i + E \cdot y_0 + E \cdot n + F}$$

З наведених формул видно, що для розрахунку кожного текселя необхідно виконати 2 операції ділення, 8 операцій додавання та 8 операцій множення.

Як видно із формул 2, для кожного n значення многочленів $A_1 \cdot x_0 + B_1 \cdot y_i + C_1$ і $D \cdot x_0 + E \cdot y_i + F$ залишаються незмінними, а отже, можуть бути обраховані один раз для кожного рядка rasterизації за формулами:

$$u_t = A_1 \cdot x_0 + A_1 \cdot n + B_1 \cdot y_i + C_1,$$

$$u_b = D \cdot x_0 + E \cdot y_i + F.$$

де u_t та u_b константні частини чисельника та знаменника формули (2) відповідно.

Отже, u_n може бути розраховано за формулою:

$$u_n = \frac{u_t + A_1 \cdot n}{u_b + D \cdot n} \quad (3)$$

Таким чином, при визначенні координат усіх текселів змінні u_{1t} і u_{1b} є константними, а їх значення достатньо обрахувати один раз. Аналогічним чином можна обчислити і v_n .

Таке спрощення знижує кількість операцій додавання та множення до 4 відповідно.

Виходячи з отриманих математичних залежностей можна запропонувати алгоритм паралельного підрахунку координат текселів: для кожного рядка rasterизації спочатку обчислюються параметри u_t і u_b , потім паралельно обчислюються значення чисельника за формулою:

$$w_n = u_t + A_1 \cdot n,$$

і знаменника за формулою

$$v_n = u_b + D \cdot n,$$

після чого виконується операція ділення для визначення координати:

$$u_n = \frac{w_n}{v_n}.$$

Послідовність виконання операцій алгоритму зображено на рисунку 1.

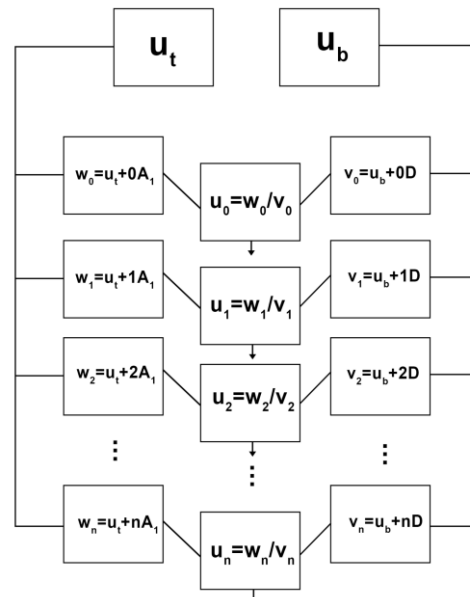


Рисунок 1 – Паралельний підрахунок координат текселів

Оскільки для кожного наступного x , n збільшується на 1, має місце така формула:

$$\begin{aligned} w_n &= w_{n-1} + A_1, \\ v_n &= v_{n-1} + D. \end{aligned} \quad (4)$$

Таким чином, відповідно до формул (4) можна запропонувати послідовний алгоритм обчислення текстурних координат: w_n і v_n для формули (3) для кожного x обчислюються шляхом додавання до w_{n-1} та v_{n-1} , визначених для $x-1$, A_1 і D відповідно. Послідовність виконання операцій алгоритму зображено на рисунку 2.

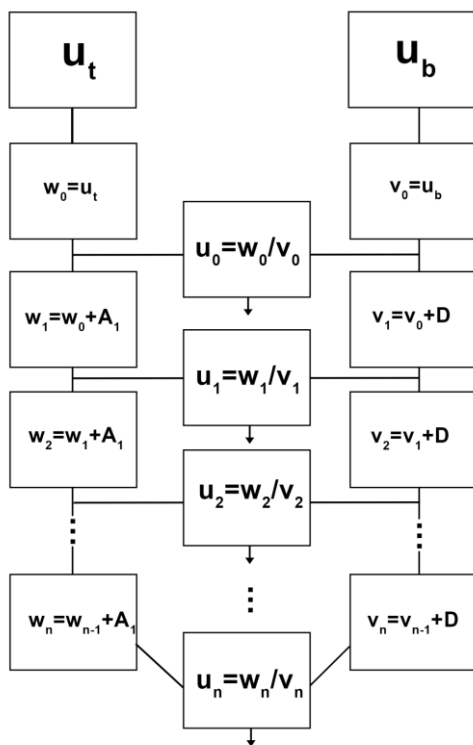


Рисунок 2 – Послідовний підрахунок координат текстелів

Визначення текстурних координат даним методом також можна прискорити за допомогою паралельних обчислень. Одним із можливих підходів до розпаралелення обчислень є паралельна растеризація кількох рядків одночасно. Проте такий підхід не буде достатньо продуктивний у випадках, коли кількість пікселів на рядок істотно перевищує кількість рядків. Тому доцільно використовувати засоби паралельних обчислень у межах одного рядка.

Розглянемо можливість паралельного обчислення координат текстелів для пікселів, що знаходяться на парних і непарних позиціях у рядку растеризації (рис. 3).

Якщо $w_n = w_{n-1} + A_1$, а $v_n = v_{n-1} + D$ то

$$\begin{aligned} w_{n+1} &= (w_{n-1} + A_1) + A_1, \\ v_{n+1} &= (v_{n-1} + D) + D. \end{aligned}$$

Таким чином, паралельне обчислення текстурних координат пікселів на парних і непарних позиціях можливе за формулами:

$$\begin{aligned} w_n &= w_{n-2} + 2A_1, \\ v_n &= v_{n-2} + 2D. \end{aligned} \quad (5)$$

При цьому, координати текстелів для перших двох пікселів визначаються за формулою (4).

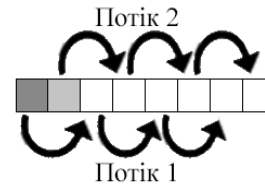


Рисунок 3 – Паралельне обчислення координат текстелів для двох потоків на один рядок растеризації

Виходячи з формул (4) і (5), можна встановити однозначну залежність, що дозволяє проводити паралельну растеризацію рядка за довільною кількістю потоків з використанням формул:

$$\begin{aligned} w_n &= w_{n-k} + kA_1 \\ v_n &= v_{n-k} + kD, \end{aligned}$$

де k – кількість паралельних потоків.

Також можливе паралельне обчислення координат у два потоки шляхом одночасної растеризації рядка у двох напрямках (рис. 4). З права на ліво за формулою 4, а з ліва на право за формулою:

$$\begin{aligned} w_n &= w_{n+1} - A_1, \\ v_n &= v_{n+1} - D. \end{aligned}$$

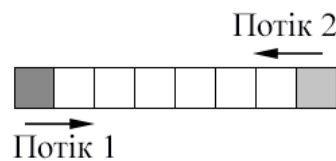


Рисунок 4 – Паралельне обчислення координат у два потоки із зустрічним напрямком растеризації

Висновки

Запропоновано модифікацію методу Хекберта, в якій використано ітераційні формули для визначення координат текселів, що дозволило зменшити кількість операцій

додавання та множення і, як наслідок, підвищити продуктивність.

Запропоновано методи розпаралелення процесу визначення текстурних координат, що базується на отриманих аналітичних залежностях. Методи дозволяють істотно підвищити швидкість процесу текстурування.

Надійшла до редакції 10.03.2016

Список використаної літератури

1. Paul S. Heckbert, Survey of texture mapping - Graphics Interface '1986
2. Романюк О.Н. Неортогональна растеризація при перспективно-коректному текстуруванні / О.Н. Романюк, О.О. Дудник, О.В.Мельник // VI міжнародна конференція «Моделювання та комп'ютерна графіка» ДВНЗ "ДонНТУ". – Красноармійськ, 25-29 травня 2015 р.
3. Романюк О. Н. Високопродуктивні методи та засоби зафарбовування тривимірних графічних об'єктів: моногр. / О.Н. Романюк. – Вінниця: УНІВЕСУМ-Вінниця, 2006
4. Романюк О.Н. Спрощення процедури накладання текстур на тривимірні графічні об'єкти / О.Н. Романюк // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. — 2006. — № 2. — С. 114—118.

А.Н. РОМАНЮК, А.А. ДУДНИК

Вінницький національний технічний університет

МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ПЕРСПЕКТИВНО-КОРРЕКТНОГО ТЕКСТУРИРОВАНИЯ

Предложена модификация метода Хекберта, в которой использованы итерационные формулы для определения координат текселей, что позволило уменьшить количество операций сложения и умножения и как следствие повысить производительность.

Предложен метод распараллеливания процесса определения текстурных координат, основанный на методе Хекберта. Метод позволяет существенно повысить скорость процесса текстурирования.

Ключевые слова: *перспективная проекция, метод Хекберта, текстурирование.*

O.N. ROMANIUK, O.O. DUDNYK

Vinnitsia National Technical University

METHOD OF INCREASING PRODUCTIVITY OF PERSPECTIVE-CORRECT TEXTURING

The paper offers a modification of Heckbert method, which uses iterative formula for determining the coordinates of texels, thus reducing the number of operations of addition and multiplication, and therefore increasing the productivity.

A method for parallelization of the process of coordinates determination based on Heckbert method is proposed. This method can significantly increase the speed of the texturing process.

Keywords: *perspective projection, Hebberts method, texture mapping.*