

ПОСТПРОЦЕСІНГ ДІЛЯНКИ ЗОБРАЖЕННЯ ТРИВИМІРНОЇ СЦЕНИ

Постановка проблеми. Моделювання тривимірних сцен з фотореалістичною якістю зображення вимагає вдосконалення методів створення спеціальних ефектів у комп'ютерній графіці. Рендеринг зображення проводиться виходячи з фізичних властивостей об'єктів, що моделюються, та з урахуванням особливостей зору людини. Реалізація алгоритмів побудови спеціальних ефектів, таких як: відблиски, глибина різкості сцени, вогонь, дим, бризки і т.п., може здійснюватися за допомогою методу білбордів, постпроцесінгу зображення, моделювання систем часток та ін. Дуже часто виникає необхідність постпроцесінгу ділянок зображення тривимірної сцени із послідуєчим змішанням результату обробки за функцією користувача з вмістом буферу кадру. Сучасні графічні процесори не мають змоги виконувати вибірку з буферу кадру у фрагментному шейдері. Це обумовлює пошук алгоритмів щодо подолання цього обмеження.

Аналіз останніх досліджень. Три класи операцій обробки зображення, які розглянуті Ansari [2], дають змогу проводити перетворення, викривлення та знаходження контурів об'єктів. Робота [3] пропонує методику побудови гістограми інтенсивностей кольорів зображення тривимірної сцени у режимі реального часу. Алгоритми постпроцесінгу, що описані у роботі [4], дають змогу отримувати чорно-білі зображення, застосовувати фільтри зміщення палітри, знаходження країв, створення ефекту штрихування олівцем та ін. Ці алгоритми виконують обробку всього зображення тривимірної сцени.

Формування цілей статті. Метою даної роботи є застосування методу постпроцесінгу ділянки зображення сцени для накладання спеціальних ефектів за функцією змішання.

Основна частина. При візуалізації фізичних процесів, що локалізовані у просторі та при моделюванні властивостей певного об'єкту реального світу доцільно проводити постпроцесінг лише деякої прямокутної ділянки зображення тривимірної сцени, що вміщує спеціальний ефект. Для визначення координат ділянки скористаємося методом білбордів [7].

© Н.М.Аушева, А.А.Демчишин, 2006

Положення геометричного об'єкту у просторі тривимірної сцени визначається видовою матрицею $M_B \equiv [a_{ij}]$, $i, j = 1..4$, де a_{ij} - коефіцієнти проєктивних перетворень.

На першому етапі сформуємо базис системи координат білборду з компонентів оберненої видової матриці об'єкту. Видова матриця M_B є ортогональною за умови, якщо до початкової одиничної матриці об'єкту застосовувались лише трансформації зсуву, масштабування та обертання. Тоді обернена квадратна матриця M_B^{-1} може бути знайдена як:

$$M_B^T M_B = M_B M_B^T = I, \text{ тобто } M_B^T = M_B^{-1}, \quad (1)$$

де I – одинична матриця.

Згідно з (1) базисні вектори системи координат білборду будуть мати вигляд:

$$\mathbf{r}_R = \{a_{11}, a_{21}, a_{31}\}, \mathbf{r}_U = \{a_{12}, a_{22}, a_{32}\} \quad (2)$$

Визначимо координати вершин білборду $ABCD$ (рис.1):

$$\begin{aligned} \mathbf{r}_A &= \mathbf{r}_O - \mathbf{r}_R \cdot s_1 \cdot u - \mathbf{r}_U \cdot s_2 \cdot v, \\ \mathbf{r}_B &= \mathbf{r}_O + \mathbf{r}_R \cdot s_1 \cdot (1 - u) - \mathbf{r}_U \cdot s_2 \cdot v, \\ \mathbf{r}_C &= \mathbf{r}_O + \mathbf{r}_R \cdot s_1 \cdot (1 - u) + \mathbf{r}_U \cdot s_2 \cdot (1 - v), \\ \mathbf{r}_D &= \mathbf{r}_O - \mathbf{r}_R \cdot s_1 \cdot u + \mathbf{r}_U \cdot s_2 \cdot (1 - v), \end{aligned}$$

де $\mathbf{r}_O (x_O, y_O, z_O)$ - координати базової точки O білборду, відносно якої здійснюється обертання полігону, $\mathbf{r}_R, \mathbf{r}_U$ - базисні вектори системи координат

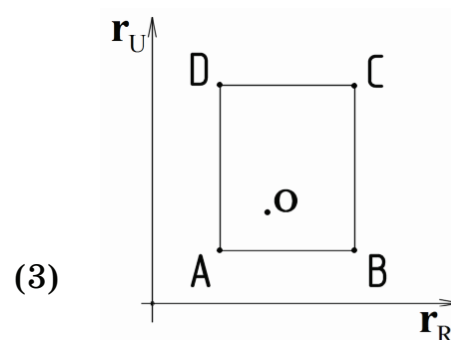


Рис. 1 - Схематичне зображення білборду

білборду, s_1, s_2 - ширина та висота білборду відповідно, $0 \leq u, v \leq 1$ - керуючі параметри.

Позиціонування білборду у просторі залежить від базової точки O , розташування якої обумовлюється коректним відображенням спеціального ефекту відносно об'єкту сцени. Зміна розташування об'єкту або камери викликає необхідність корегування позиції білборду і зміну базисних векторів. Розмір білборду визначається виходячи з розмірів спеціального ефекту.

Координати ділянки зображення відповідають координатам проєкції білборду на площину екрану та знаходяться за допомогою серії перетворень. Три-

вимірні евклідові координати вершин білборду отримуються за допомогою застосування матриці афінних перетворень та матриці проєціювання:

$$\mathbf{r}_i' = M_{\Pi} M_B \mathbf{r}_i, \quad i = A, B, C, D \quad (4)$$

де $\mathbf{r}_i'$ - перетворені координати вершин білборду, $\mathbf{r}_i$ - вихідні координати вершин білборду, M_{Π} - матриця проєціювання, M_B - видова матриця. Віконні координати вершин білборду визначаються за допомогою масштабування евклідових координат до розміру вікна графічного додатку. На останньому етапі вміст буферу кадру ділянки, яка відокремлена полігоном $ABCD$, зберігається в окремій текстурі. Для моделювання спеціальних ефектів проводиться обробка отриманої текстури за допомогою фрагментного шейдеру. Результуючі пікселі розміщуються на полігоні білборду, який додається до сцени з вихідними координатами $\mathbf{r}_A, \mathbf{r}_B, \mathbf{r}_C, \mathbf{r}_D$.

Алгоритм може бути застосований для візуалізації напівпрозорих об'єктів, наприклад, створення ефекту візерунчастого скла. У такому випадку шукається проєкція координат білборду, що агрегує зображення самого об'єкту. При рендеринзі проводиться попередня ініціалізація буферу трафарету, що дає змогу коректного відображення границь об'єкту. Фінальний рендеринг у буфер кольору проводиться з увімкненою операцією тесту буферу трафарету.

В якості приклада моделювання локалізованого фізичного процесу наведемо візуалізацію конвекційного потоку тепла у повітрі. Промені світла, що проходять через потік, який створюється нагрітим об'єктом, зазнають заломлення завдяки неоднорідній щільності ділянок нагрітого повітря. Для створення ефекту сходження потоку пікселі вихідної текстури (рис.2а) зазнають вертикального зсуву з амплітудою, що отримується за допомогою суми гармонічних функцій:

$$t' = t - (d_1 \cdot \sin(a_1 \cdot time) + d_2 \cdot \sin(a_2 \cdot time) + d_3 \cdot \sin(a_3 \cdot time)), \quad (5)$$

де t' - результуюча компонента текстурних координат (s, t) , t - вихідна компонента текстурних координат, a_1, a_2, a_3 - коефіцієнти періоду осциляції, d_1, d_2, d_3 - коефіцієнти зсуву, $time$ - час.

Коефіцієнти зсуву збережені у заздалегідь побудованій карті зсуву (рис.2б,в), що отримується із застосуванням алгоритму генерації шуму Перліна [6]. Для досягнення ефекту хаотичності для кожного пікселю ставиться одночасно у відповідність три коефіцієнти d_1, d_2, d_3 , що зберігаються у компонентах rgb двовимірної текстури. Параметр $time$ обумовлює швидкість сходження теплового потоку.

Для досягнення високої швидкості рендерингу спеціального ефекту слід ефективно використовувати ресурси графічного конвеєру. Постпроцесінг веде обробку на рівні фрагментів, тобто не генерує додаткової геометрії і, таким чином, не впливає на завантаженість вершинного процесору. Написання фрагментної програми, за якою проводиться обробка зображення, слід проводити з урахуванням особливостей архітектури фрагментного блоку процесору [1]. Використання мов програмування високого рівня, наприклад *GLSL* [5], для реалізації алгоритмів, дає багато переваг, таких як: зручність та швидкість розробки програм обробки зображення, автоматична оптимізація інструкцій, незалежність від графічної платформи.

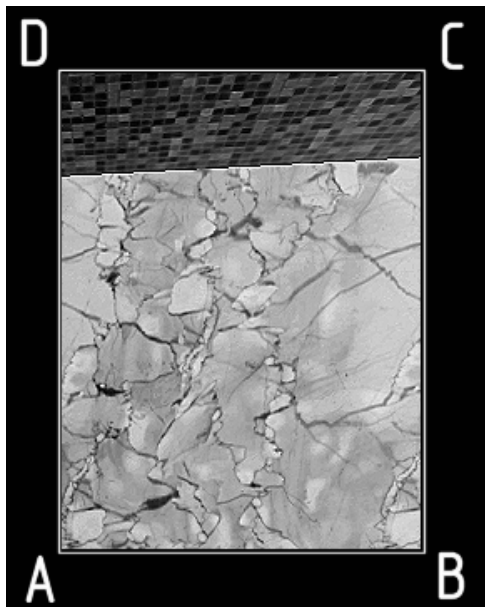


Рис. 2а - Білборд з вихідною текстурою ділянки сцени



Рис. 2б - Текстура карти зсуву

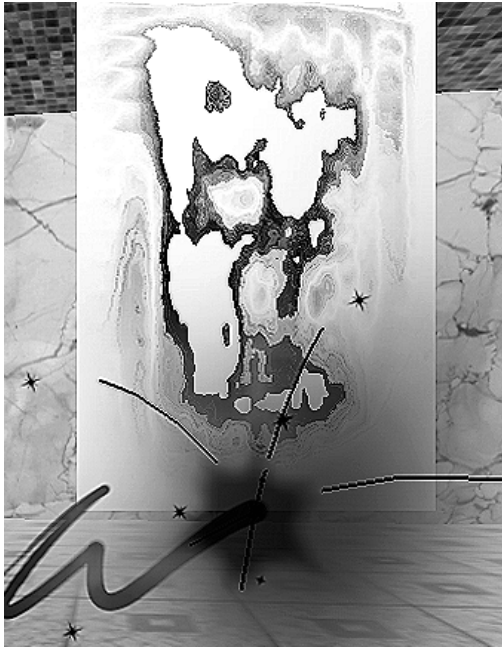


Рис. 2в - Зображення сцени з візуалізацією карти зсуву

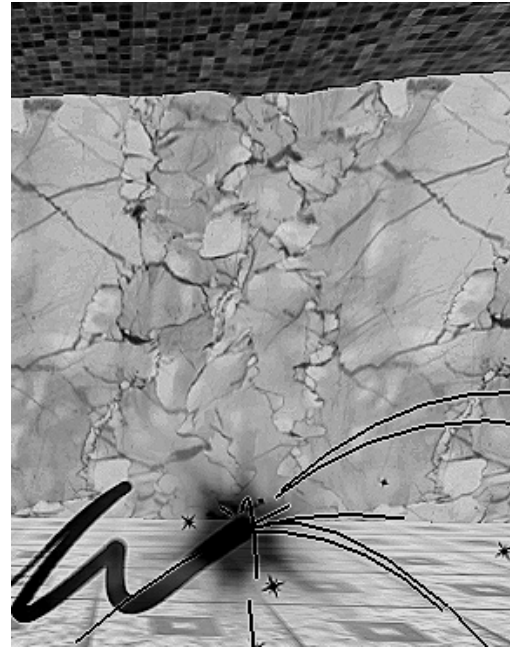


Рис. 2г - Зображення сцени з візуалізацією конвекційного потоку тепла

Висновки. Алгоритм постпроцесінгу ділянки зображення тривимірної сцени дає змогу створення ряду спеціальних ефектів за поданою фрагментною програмою, зображення яких розташовуються навколо будь-якого об'єкту сцени. Розвиток індустрії графічних процесорів диверсифікує можливості обробки зображення у режимі реального часу. Алгоритм може застосовуватись для моделювання напівпрозорих предметів та не спричиняє додаткового навантаження на вершинний блок процесору.

ЛІТЕРАТУРА

1. Аушева Н.Н., Демчишин А.А. Оптимизация рендеринга трехмерных сцен // Известия Белорусской инженерной академии.- 2005.- №1(19)/1.- С.247-250.
2. Ansari M. Image effects with DirectX 9 Pixel Shaders. // ShaderX2 - Shader Tips and Tricks. Wolfgang E. ed. - Image Space, Wordware Publisher, 2003. - P. 481-518.
3. Green S. Image Processing Tricks in OpenGL // Game Developers Conference. - San Francisco, CA, 2005.- 44 p.
4. Hargreaves S. Non-photorealistic post-processing filters in MotoGP 2 // ShaderX2. - Shader Tips and Tricks. Wolfgang E. ed. - Image Space, Wordwar Publisher, 2003. - P. 469-480.
5. Kessenich J., Baldwin D., Rost R. The OpenGL Shading Language Version 1.10.59. - 3Dlabs, Inc. Ltd., 2004. – 106 p.

6. Perlin K. An Image Synthesizer. // Computer Graphics. – 1985. - 19 (3). - P. 287 - 296.
7. Ramires A. Billboarding tutorial // <http://www.lighthouse3d.com/opengl/billboarding/> - 2001.

Получено 06.04.2006 г.

УДК 004.93

А.М. Ахметшин, Б.С. Бусыгин, В.А. Бойко
**НОВЫЙ МЕТОД ВЫЧИСЛЕНИЯ ИНВАРИАНТНЫХ К
 ВЛИЯНИЮ ПОВОРОТА ХАРАКТЕРИСТИК ИЗОБРАЖЕНИЙ В
 ДЕКАРТОВОЙ
 СИСТЕМЕ КООРДИНАТ**

Постановка проблемы. Проблема определения инвариантных к влиянию поворота характеристик изображений объектов является одной из основных в задачах распознавания образов [1] и компьютерного видения [2]. Для решения этой проблемы было разработано несколько подходов. Один из наиболее распространенных методов базируется на идее вычисления инвариантных к влиянию поворота моментов путем разложения анализируемого изображения $s(x, y)$ в базисе радиальных полиномов Цернике [3].

Анализ последних исследований. Моменты Цернике являются проекциями анализируемой функции $s(x, y)$ на полиномы Цернике

$$z_{nm} = [(n+1)/\pi] \iint_U s(x, y) V_{nm}^*(x, y) dx dy \quad . \quad (1)$$

Полиномы Цернике V_{nm}^* представляют собой неограниченный ряд полиномов ортогональных на единичной окружности $U: x^2 + y^2 \leq 1$ т.е.

$$\iint_U V_{pq}(x, y) V_{nm}^*(x, y) dx dy = \frac{\pi}{n+1} \delta_{pn} \delta_{qm} \quad , \quad (2)$$

при условии, что