

УДК 004.3

С.И. Вяткин¹, канд. техн. наук, науч. сотр.,
А.Н. Романюк², д-р. техн. наук, проф.,
Р.Ю. Довгалюк², студент¹Институт автоматизации и электродинамики Сибирского отделения РАН²Винницкий национальный технический университет, г. Винница, Украина
ran12345@mail.ru

Особенности текстурирования в тайловой технологии визуализации

В данной работе рассматривается текстурирование в тайловой (виртуальной буферной методике) визуализации и оценивается точность вычисления скалярного произведения вектора нормали и текстурных координат. Эта оценка необходима для корректного вычисления текстурных координат при отображении текстуры в системах визуализации реального времени, что позволяет генерировать высокореалистичные текстурированные поверхности.

Ключевые слова: текстурирование, тайлы, уровень детальности, вычисление текстуры.

Введение

Отображение текстуры [1] на поверхность является эффективным методом повышения реализма в системах машинной графики [2]. Процесс отображения текстурных карт на плоские грани включает два этапа. Первый - перспективное преобразование, т. е. вычисление координат текстурной карты (u,v), соответствующих координатам (Xs,Ys) пикселя на экране. Вторым этапом отображения текстуры - фильтрация, необходимая для предотвращения элиазинга (aliasing). В работе [3] описаны MIP-мар (пирамидальные) текстурные карты. Путем предварительной фильтрации получают набор квадратных текстурных карт с разным разрешением для каждого объекта. Каждой текстурной карте ставят в соответствие целочисленное значение так называемого уровня детальности (LOD - level of detail, англ.). Критерием выбора текстурной карты с нужным уровнем детальности является линейный размер проекции пикселя на грань. В работе [4] рассматривается так называемая виртуальная буферная методика визуализации. Вся площадь кадра (экрана) разбивается на спаны (тайлы) - прямоугольники меньших размеров, которые затем обрабатываются независимо друг от друга. Для задачи текстурирования граней снизу размер спана ограничивает величина потоков данных. Сверху - объем локальной памяти, качество изображения и средние размеры граней.

Описание

Линейный размер проекции пикселя на грань может иметь два крайних значения (1) и (2) (рис. 1).

$$k=1, \theta=90^0$$

$$\text{LOD}_{\text{offset}}=0.5, \quad (1)$$

$$\lambda_1 = \frac{|V_1|}{\sqrt{2}}$$

$$k=1, \theta \longrightarrow 0$$

$$\text{LOD}_{\text{offset}} \longrightarrow 0. \quad (2)$$

$$\lambda_1 \longrightarrow |V_1|$$

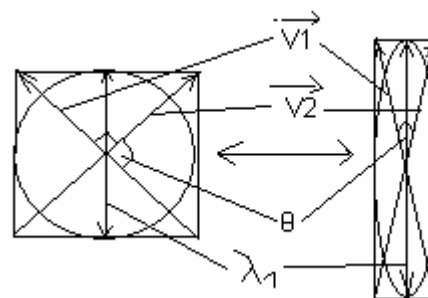


Рисунок 1 – Проекция пикселя

Допустим, что $|V_1| \geq |V_2|$,

$$k = \frac{|V_1|}{|V_2|} \geq 1, \quad |V_2| = \frac{1}{k}|V_1|, \quad 0 \leq \theta < 90^0, \quad (3)$$

$$T = d_{u1}^2 + d_{u2}^2 + d_{v1}^2 + d_{v2}^2 = \\ = |V_1|^2 + |V_2|^2 = \left(1 + \frac{1}{k^2}\right)|V_1|^2 = \left(\frac{1+k^2}{k^2}\right)|V_1|^2, \quad (4)$$

$$\begin{aligned}
 D &= d_{u_2}d_{v_1} - d_{u_1}d_{v_2} = \\
 &= |V_1||V_2| \sin \theta = \frac{1}{k} \sin \theta |V_1|^2, \\
 LOD &= 1.0 - \frac{1}{2} \log_2 [T + \sqrt{T^2 - 4D^2}] = \\
 &= 1.0 - \frac{1}{2} \log_2 \left[\frac{1}{k^2} (1 + k^2 + \sqrt{(1 + k^2 - 4k^2 \sin^2 \theta)}) \right] - \\
 &= -\log_2 |V_1| = 1 - \frac{1}{2} \log_2 F(k, \theta) - \log_2 |V_1|,
 \end{aligned} \tag{5}$$

где

$$F(k, \theta) = \frac{1}{k^2} \left[1 + k^2 + \sqrt{(1 + k^2)^2 - 4k^2 \sin^2 \theta} \right], \tag{6}$$

где $F(k, \theta)$ - ограниченный геометрический фактор.

$$-\log_2 |V_1| \leq LOD \leq 0.5 - \log_2 |V_1|, \tag{7}$$

Заметим, что LOD не зависит от P_{0u}, P_{0v} , S_{qz} задает постоянный LODoffset (8), (9).

$$u = S_{qz} \left[\frac{\vec{V}_u \vec{P}}{\vec{N}_f \vec{P}} + P_{0u} \right], \tag{8}$$

$$v = S_{qz} \left[\frac{\vec{V}_v \vec{P}}{\vec{N}_f \vec{P}} + P_{0v} \right], \tag{9}$$

$$u' = \frac{\vec{V}_u \vec{P}}{\vec{N}_f \vec{P}}, \tag{10}$$

$$v' = \frac{\vec{V}_v \vec{P}}{\vec{N}_f \vec{P}}, \tag{11}$$

где \vec{N}_f - вектор нормали (рис. 2).

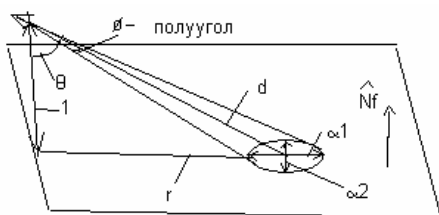


Рисунок 2 – Проекция конуса на грань

Рассмотрим Евклидово пространство E^3 как сферу (рис. 3).

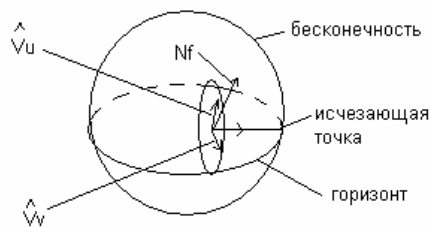


Рисунок 3 – Евклидово пространство как сфера

Заметим, что ошибка ориентации \vec{N}_f около угла спана от пикселя будет больше на горизонте, в худшем случае на величину пикселя. Оценим точность вычисления \vec{N}_f, \vec{V}_u and \vec{V}_v . Скалярное произведение.

$$\vec{N}_f \vec{V} = |\vec{N}_f| |\vec{V}| \cos \theta = \cos \theta \varepsilon [-1, 1] \tag{12}$$

Используя границы уровней детальности, имеем

$$\begin{aligned}
 N_b \text{ bits}(u'|v') &\leq 0.5 - \\
 &= -\log_2 \text{tg} \varphi + \log_2 \frac{r}{\sqrt{1+r^2}} +
 \end{aligned} \tag{13}$$

$$\begin{aligned}
 &+ \frac{1}{2} \log_2 (1 - r^2 \text{tg}^2 \varphi), \\
 N_b \text{ bits}(u'|v') &\geq -\log_2 \text{tg} \varphi + \\
 &+ \log_2 \frac{r}{1+r^2} + \log_2 (1 - r^2 \text{tg}^2 \varphi),
 \end{aligned} \tag{14}$$

где r - нормализованный горизонтальный диапазон, φ - половина углового размера пикселя. Далее, количество нулей можно вычислить

$$\begin{aligned}
 N_b 0 &= -1 - \log_2 \cos \theta = \\
 &= -1 + \frac{1}{2} \log_2 (1 + r^2)
 \end{aligned} \tag{15}$$

Используя $\theta = \text{tg}^{-1} r$, получаем

$$\begin{aligned}
 N_b \text{ bits}(\vec{N}_f \vec{V}) &\leq -0.5 - \\
 &= -\log_2 \text{tg} \varphi + \log_2 r + \\
 &+ \frac{1}{2} \log_2 (1 - r^2 \text{tg}^2 \varphi),
 \end{aligned} \tag{16}$$

$$\begin{aligned}
 N_b \text{ bits}(\vec{N}_f \vec{V}) &\geq -1.0 - \\
 &= -\log_2 \text{tg} \varphi + \log_2 \frac{r}{\sqrt{1+r^2}} + \\
 &+ \log_2 (1 - r^2 \text{tg}^2 \varphi)
 \end{aligned} \tag{17}$$

На рис. 4, 5 и 6 показаны графики зависимостей количества бит скалярного произведения вектора нормали и текстурных координат от нормализованного горизонтального диапазона.

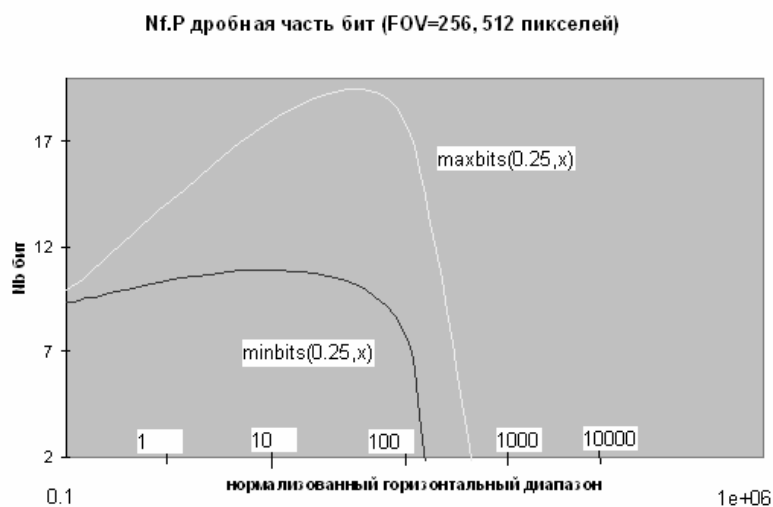


Рисунок 4 - Графики зависимостей количества бит скалярного произведения вектора нормали и текстурных координат от нормализованного горизонтального диапазона (0.25,x)

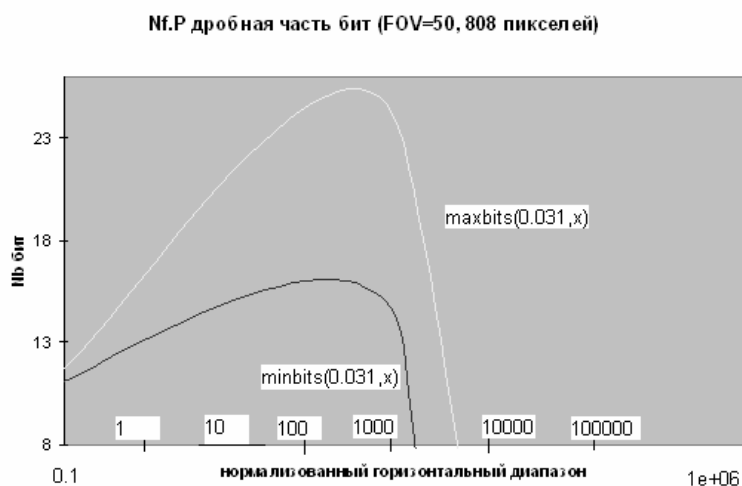


Рисунок 5 - Графики зависимостей количества бит скалярного произведения вектора нормали и текстурных координат от нормализованного горизонтального диапазона (0.031,x)

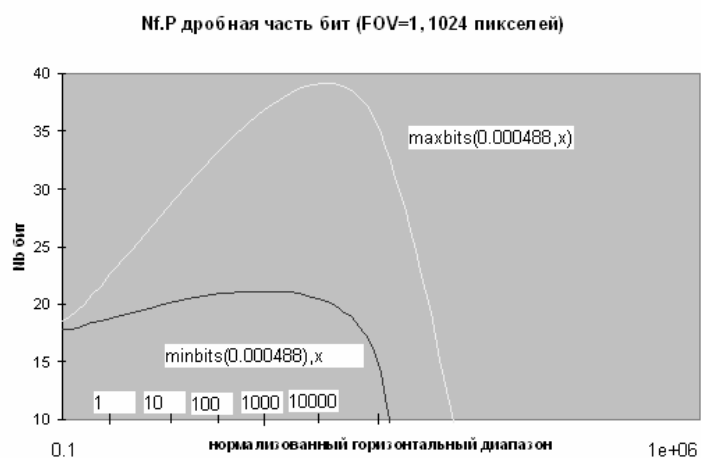


Рисунок 6 - Графики зависимостей количества бит скалярного произведения вектора нормали и текстурных координат от нормализованного горизонтального диапазона (0.000488,x)

Заключення

В данной работе рассматривается текстурирование в виртуальной буферной методике визуализации и оценивается точность вычисления скалярного произведения вектора нормали и текстурных координат. По результатам модели-

рования была получена модель вычисления текстуры. Исследовано влияние точности вычислений на качество изображения. Определены критерии точности по вычислению скалярного произведения нормали и текстурных координат.

Список использованной литературы

1. Paul S. Heckbert. Survey of Texture Mapping / Paul S. Heckbert // IEEE Comput. Graph. and Applicat. – 1986. – 6, No 11. – P. 56-67.
2. Haeberli Paul. Texture Mapping as a Fundamental Drawing Primitive / Paul Haeberli and Mark Segal // Fourth Eurographics Workshop on Rendering. June 1999. – P. 259-266.
3. Williams Lance. Pyramidal Parametrics / Lance Williams // Computer Graphics (SIGGRAPH '83 Proceedings), July, 1983. – P. 1-11.
4. Вяткин С.И. Растеризационные методики и архитектуры систем визуализации реального времени / С.И. Вяткин, Б.С. Долговесов, В.М. Фомичев // Труды 17-й Междунар. конф. по компьютерной графике и ее приложениям «Графикон-2007» (Москва, Россия, 23-27 июня 2007). – М.: МГУ, 2007. – С. 211-218.

Надійшла до редколегії 10.04.2012

**С.І. ВЯТКІН¹, О.Н. РОМАНЮК²,
Р.Ю. ДОВГАЛЮК²**

¹ Інститут автоматичної і електродинаміки Сибірського відділення РАН

² Вінницький національний технічний університет

**S.I. VIATKIN¹, A.N. ROMANYUK²,
R.Yu. DOVHALIUK²**

¹ Institute of automatics and electrodynamics of Siberian RAN department

² Vinnytsia National Technical University

ОСОБЛИВОСТИ ТЕКСТУРУВАННЯ В ТАЙЛОВІЙ ТЕХНОЛОГІЇ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ

В даній роботі розглядається текстурування в тайловій (виртуальній буферній методиці) візуалізації і оцінюється точність обчислення скалярного добутку вектора нормалі і текстурних координат. Ця оцінка необхідна для коректного обчислення текстурних координат при відображенні текстури в системах візуалізації реального часу, що дозволяє генерувати високореалістичні текстуровані поверхні.

Ключові слова: текстурування, тайли, рівень детальності, обчислення текстури.

THE SPECIAL FEATURES OF TEXTURING IN TILE VISUALIZATION TECHNOLOGY

In this paper the texturing in tile (virtual buffer method) visualization is examined and accuracy of computation of dot product of normal and texture coordinates is evaluated. This evaluation is needed for correct computation of texture coordinates when texture is displayed in real-time visualization systems. Which allows to generate high realistic textured surfaces.

Keywords: texturizing, tiles, level of detail, texture computation.