Романюк О. Н. Комбіноване використання бінарної та кодової лінійної інтерполяції для нормалізації векторів нормалей при зафарбовуванні тривимірних об'єктів / О. Н. Романюк // Вестник Херсонского национального технического университета. — 2006. — № 25. — С. 408—411.

УДК 681.3.06

Романюк О.Н.

КОМБІНОВАНЕ ВИКОРИСТАННЯ БІНАРНОЇ ТА КОДОВОЇ ЛІНІЙНОЇ ІНТЕРПОЛЯЦІЇ ДЛЯ НОРМАЛІЗАЦІЇ ВЕКТОРІВ НОРМАЛЕЙ ПРИ ЗАФАРБОВУВАННІ ТРИВИМІРНИХ ОБ'ЄКТІВ

Вступ

В останні роки істотно розширилося застосування засобів комп'ютерної графіки в найрізноманітніших галузях діяльності людини. У сучасному світі, де роль інформації стає все більш важливою, цілком природно, що просторові зображення, що мають високий ступінь інформативності й реалістичності, перетворюються в її основний носій. При формуванні таких зображень необхідно відображати графічні сцени великого обсягу та детальності, що породжує проблему підвищення продуктивності засобів комп'ютерної графіки. На даному етапі розвитку комп'ютерної графіки розробка нових високопродуктивних методів і засобів формування просторових реалістичних зображень є пріоритетною задачею, оскільки традиційні методи і засоби не забезпечують необхідну продуктивність .

Аналіз проблеми та постановка задачі

Формування тривимірних графічних об'єктів у графічних системах системах носить ієрархічний характер. Верхні рівні мають концептуальний характер, а нижні пов'язані з безпосереднім математичним представленням примітивів, із яких складаються об'єкти та сцени. Виділяють зовнішнє й внутрішнє представлення об'єктів у системах генерації реалістичних зображень. Зовнішнє представлення може бути достатньо високорівневим і визначається прикладною направленістю системи . Воно використовується для розробки сценаріїв і поповнення баз даних. Внутрішнє представлення об'єктів реалізується через низькорівненві примітиви, які використовуються на всіх стадіях графічного конвеєра. При зафарбовування тривимірних об'єктів у якості примітива найбільш часто використовують трикутник.

Серед методів зафарбовування тривимірних об'єктів найбільшого поширення отримали метод Гуро й Фонга [1, 2].

У методі Гуро розраховуються значення інтенсивностей для полігональних вершин, які потім у процесі растеризації лінійно інтерполюються вздовж ребер і рядків сканування.

На даному етапі розвитку комп'ютерної графіки більш перспективним вважається метод Фонга, в якому замість значень інтенсивності кольору інтерполюються вектори нормалей, які потім використовуються у функції тонування для обчислення інтенсивності кольору кожного елемента зображення. Метод характеризується по відношенню до методу Гуро значно більшими обчислювальними витратами, однак при цьому досягається краща локальна апроксимація кривизни поверхні і, як наслідок, отримують більш реалістичні зображення.

При зафарбовуванні тривимірних об'єктів за методом Фонга необхідно визначити косинус кута між вектором нормалі до потокової точки та вектором, який утворено шляхом додаванням вектору спостерігача й вектора джерела світла. При цьому виконується нормалізація векторів, яка вимагає суттєвих обчислювальних витрат, оскільки потребує трьох операцій множення й ділення, двох операцій додавання та операції знаходження квадратного кореня. Враховуючи, що для кожної точки поверхні нормалізація виконується для векторів спостерігача, джерела світла та вектора нормалі до поверхні, то актуальною є питання зменшення обчислювальної складності цієї трудомісткої процедури.

Мета статті – розробка нового підходу до зменшення обчислювальної складності процедури нормалізації векторів нормалей при зафарбовуванні тривимірних графічних об’єктів за методом Фонга.

Виклад основного матеріалу

Розглянемо новий підхід до нормалізації векторів нормалей у методі Фонга.

Кутова інтерполяція (рис. 1) одиничних векторів нормалей між початковим $\vec{N}_a$ і кінцевим $\vec{N}_b$ векторами виконується згідно з виразом [3]:

$$\vec{N}(w) = \vec{N}_a \frac{\sin((1-w)\psi)}{\sin\psi} + \vec{N}_b \frac{\sin(w\psi)}{\sin\psi},$$

де $w \in [0,1]$, а ψ - кут між векторами нормалей $\vec{N}_a$ і $\vec{N}_b$.

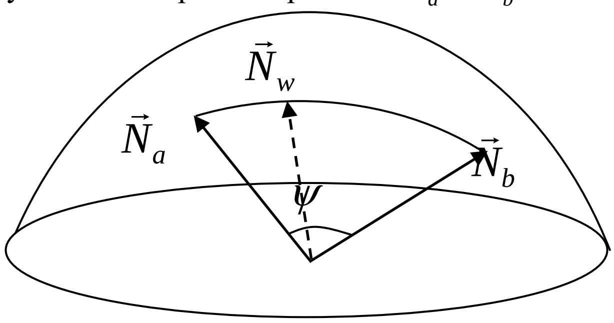

Рис. 1. Сферично - кутова інтерполяція векторів нормалей

Знайдемо вектор нормалі $\vec{N}_{(1/2)}$, який утворює з векторами N_a і N_b кут $\psi/2$.

$$\vec{N}_{(1/2)} = \vec{N}_a \frac{\sin(\frac{1}{2})\psi)}{\sin\psi} + \vec{N}_b \frac{\sin(\frac{1}{2}\psi)}{\sin\psi} = \frac{\vec{N}_a + \vec{N}_b}{2\cos\frac{\psi}{2}} = \frac{\vec{N}_a + \vec{N}_b}{\sqrt{2(1+\cos\psi)}}.$$

Знайдемо вектор нормалі $\vec{N}_{(1/2^2)}$, який розташовано посередині між векторами $\vec{N}_a$, $\vec{N}_{1/2}$.

$$\vec{N}_{(1/2^2)} = \frac{\vec{N}_a + \vec{N}_{1/2}}{\sqrt{2(1+\cos\frac{\psi}{2})}} = \frac{\vec{N}_a + \vec{N}_{1/2}}{\sqrt{2(1+\sqrt{\frac{1+\cos\psi}{2}})}} = \frac{\vec{N}_a + \vec{N}_{1/2}}{\sqrt{2+\sqrt{2(1+\cos\psi)}}}.$$

Нехай $z_{2^n} = \sqrt{2(1+\cos\frac{\psi}{2^{n-1}})}$. Враховуючи значення z_1, отримуємо :

$$\vec{N}_{(1/4)} = \frac{\vec{N}_a + \vec{N}_{1/2}}{\sqrt{2+z_1}}.$$

Знайдемо

$$z_{2^{n+1}} = \sqrt{2(1+\cos\frac{\psi}{2^{n-2}})} = \sqrt{2(1+\sqrt{\frac{1+\cos\frac{\psi}{2^{n-1}}}{2}})} = \sqrt{2+2\sqrt{1+\cos\frac{\psi}{2^{n-1}}}} = \sqrt{2+z_{2^n}}.$$

Враховуючи останній вираз , остаточно отримуємо

$$\vec{N}_{(1/2^{n+1})} = \frac{\vec{N}_a + \vec{N}_{1/2^n}}{\sqrt{2(1+\cos\frac{\psi}{2^{n+1}})}} = \frac{\vec{N}_a + \vec{N}_{1/2}}{z_{2^{n+1}}} = \frac{\vec{N}_a + \vec{N}_{1/2}}{\sqrt{2+z_{2^n}}}. \tag{1}$$

При діленні сегменту навпіл , його середня точка не завжди попадає у вузол координатної решітки, тому доцільно попередньо розбити рядки растеризації на сегменти такого розміру, де цей артефакт не буде мати місце.

Розглянемо питання комбінованого використання лінійної та бінарної інтерполяції для визначення векторів нормалей при зафарбовуванні за методом Фонга.

Нехай необхідно визначити вектори нормалей у рядку растеризації (рис. 2) , який містить X точок. Розіб'ємо рядок растеризації на сегменти довжиною 2^k точок, де $k = 1,2, \ldots$ і вибирається в залежності від щільності координатної решітки. Отримуємо p сегментів, причому останній сегмент хоча і вийде за рядок растеризації, але буде містити $\mathrm{mod}(\frac{x}{2^к})$ останіх точок рядка растерізації.

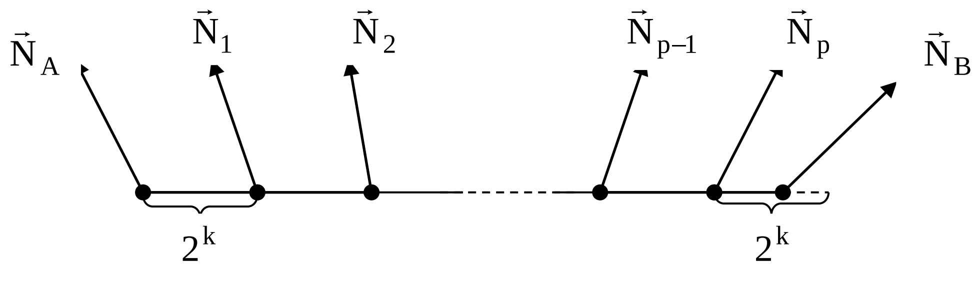

Рис. 2. Розбиття рядка растеризації на сегменти

Визначимо вектори нормалей у кінцевих точках сегментів. Для цього знайдемо приріст вектора нормалі вздовж рядка растеризації і помножимо його на 2^k:

$$\Delta\vec{N} = \frac{(\vec{N}_B - \vec{N}_A)\cdot 2^k}{X}.$$

Вектор у кінцевій точці сегмента i буде дорівнювати: $\vec{N}_i = \vec{N}_A + i \cdot \Delta\vec{N}$.

Множення на i можна виконати послідовним нагромаджувальним додаванням $\Delta\vec{N}$ (кодова інтерполяція).

При класичній реалізації методу Фонга нормалізацію виконують для всіх точок рядків растеризації, що суттєво впливає на швидкодію зафарбовування.

Пропонується виконувати нормалізацію векторів нормалей тільки у кінцевих точках сегментів, а для знаходження усіх інших проміжних векторів використовувати бінарну інтерполяцію за формулою (1).

Якщо сегмент має розмір 2^k, то при його поділі пополам отримуємо сегмент довжиною 2^{k-1}, причому середню точку сегмента буде розміщено у вузлі координатної решітки. Отримані сегменти знову мають розмір, кратний двійці, тому при бінарному інтерполюванню всі точки сегмента будуть вибрані .

На рис. 33 для прикладу зображено цифровий сегмент розміром у 4 точки й вектори нормалей до точок рядка растеризації.

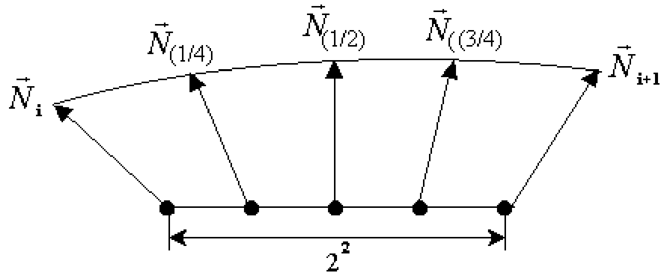

Рис.3. Вектори нормалей до цифрового сегмента у 4 точки

Вектори нормалей у початковій і кінцевій точках сегмента знаходять за методом Фонга, а у всіх інших – із використанням бінарного інтерполювання.

Для визначення векторів нормалей за формулою (1) необхідно знайти спочатку скалярний добуток векторів N_A і N_B. Для цього виконують три операції множення і дві операції додавання. У подальшому при знаходженні вектора нормалі у внутрішніх точках сегменту необхідно виконати чотири операції додавання , три операції ділення й операцію знаходження квадратного кореня. При цьому жодної операції множення не виконують.

Оскільки для розрахунку $\vec{N}_A \cdot \vec{N}_B$ необхідно виконати три операції множення , то при визначені векторів нормалей у внутрішніх точках сегмента довжиною 2^k зменшеншується обсяг обчислень за рахунок виключення з обчислювального процесу $3 \cdot (2^k - 2) - 3$ операцій множення. Враховуючи, що крім вектора N_i для визначення спекулярної складової кольору необхідно також розраховувати вектори йормалей спостерігача і джерела світла, то кількість вилучених операцій множення потроюється.

Висновки

Запропонований підхід дозволяє зменшити трудомісткість процедури нормалізації векторів нормалей уздовж рядків растеризації.

Аналіз показав, що при використанні запропонованого підходу для середнього трикутника, який включає 100 точок, вже при $k = 2$ досягається зменшення часу на нормалізацію у середньому на 8 %.

Запропонований підхід може бути використано у високопродуктивних засобах комп’ютерної графіки.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Херн Д., Павлин Бейкер М. Компьютерная графика и стандарт OpenGL. -М. : Издательский дом «Вильямс».2005.-1168 с.

2. Роджерс Д. Алгоритмические основы машинной графики: Пер. с англ. - М.: Мир, 1989. - 512 с.

3. Романюк О.Н, Чорний А.В. Новий підхід до визначення спекулярної складової кольору // Оптико – електронні інформаційно – енергетичні технології. – 2004. - С. 85-92.

РОМАНЮК Олександр Никифорович – к.т.н., доцент кафедри програмного забезпечення Вінницького національного технічного університету.

Наукові інтереси:

-методи і засоби формування графічних зображень.