

УДК 004.925

КОМПРОМІСНЕ РІШЕННЯ МІЖ МЕТОДАМИ
РАСТЕРИЗАЦІЇ ТА ТРАСУВАННЯ ПРОМЕНІВ
О. Н. Романюк, М. Д. Обідник, В. Г. Мальований
Вінницький національний технічний університет
Ran12345@mail.ru

У статті запропоновано підходи, що дають можливість при відносно високій продуктивності забезпечити високу реалістичність відтворення зображень за рахунок подання поверхонь високополігонально мережею.

Вступ. На даному етапі розвитку комп’ютерної графіки серед методів візуалізації найпоширенішими є методи растеризації та трасування променів (Ray tracing) [1]. За методом растеризації візуалізація здійснюється проектуванням об’єктів тривимірної сцени на екран. При цьому всі об’єкти задаються у полігональному вигляді. Для побудови зображення за методом рейтрессингу з точки спостереження на об’єкти сцени проектуються промені, за допомогою яких визначається колір кожного пікселя на двовимірному екрані. При цьому промінь не припиняє своє поширення, а ділиться на три компоненти: відбитий, тіньовий і заломлений. Необхідно розрахувати точки перетину кожного променя з тривимірними об’єктами, що вимагає значного обсягу обчислень. Тому цей метод найкраще оперує із аналітично заданими сценами. Серед переваг методу трасування променів можна виділити: можливість візуалізації гладких об’єктів без апроксимації їх полігональними поверхнями (наприклад, трикутниками); обчислювальна складність методу слабо залежить від складності сцени; можливість високої алгоритмічної паралелізації обчислень; відсікання невидимих поверхонь, урахування перспективи та коректна зміна поля зору [1].

Метод трасування променів забезпечує формування найбільш реалістичних зображень. Це надзвичайно трудомісткий метод рендерингу. Він широко застосовується при створенні фотореалістичних зображень. Проте побудова динамічних зображень за цим методом є проблематичною [2]. Існують лише поодинокі випадки застосування рейтрессингу у інтерактивній графіці [3].

Метод растеризації має значно менший обсяг розрахунків. Він вимагає подання об’єктів тривимірної сцени у вигляді полігональної мережі. Так, наприклад, поверхня об’єкта апроксимується набором

трикутників. Такий метод забезпечує відносно високу продуктивність, але не гарантує максимальну реалістичність. Підвищення реалістичності можливе за рахунок збільшення густини полігональної мережі.

У зв’язку з цим актуальним є питання розробки компромісного рішення між цими методами. Один із таких підходів полягає у використанні невеликих за розміром трикутників, які з великою точністю апроксимують поверхню. Доцільність розробки таких підходів обумовлена також тим, що в сучасній інтерактивній графіці використовуються високополігональні моделі. Так, наприклад, у комп’ютерних іграх у середньому в сцені налічують 500 000 – 1 000 000 трикутників.

Використання високополігональної мережі для задання поверхні тривимірного об’єкта має певні особливості. По-перше, полігони мають відносно невеликі розміри, що забезпечує більш точну апроксимацію рельєфу поверхні. По друге, кривизна полігонів зменшується. По-третє, такі полігони займають на екрані до 10 – 15 точок. Це дає змогу у деяких випадках замінити сферично-кутову інтерполяцію на лінійну, а також застосовувати більш складні функції відбивної здатності.

Дослідження. При растеризації сцени, заданої високополігональною мережею, можна вилучити трудомістку операцію ділення та замінити її на певну кількість зсувів і нагромаджувальних додавань [4]. Точність такої процедури залежить від кількості проведених операцій зсуву.

Для реалізації операції ділення використовується така апроксимаційна формула

$$\frac{1}{k} \approx i_1 \frac{1}{2} + i_2 \frac{1}{2^2} + \dots + i_j \frac{1}{2^j} + \dots + i_n \frac{1}{2^n}, \quad (1)$$

де k – довжина рядка растеризації, n – степінь двійки (кількість операцій зсуву), i_j – коефіцієнт, що приймає значення «0» або «1» залежно від наявності степеневого доданку в апроксимаційній формулі.

Обчислення можна виконувати з наперед заданою похибкою апроксимації, яка залежить від вибору кількості членів апроксимаційної формули (рисунок 1).

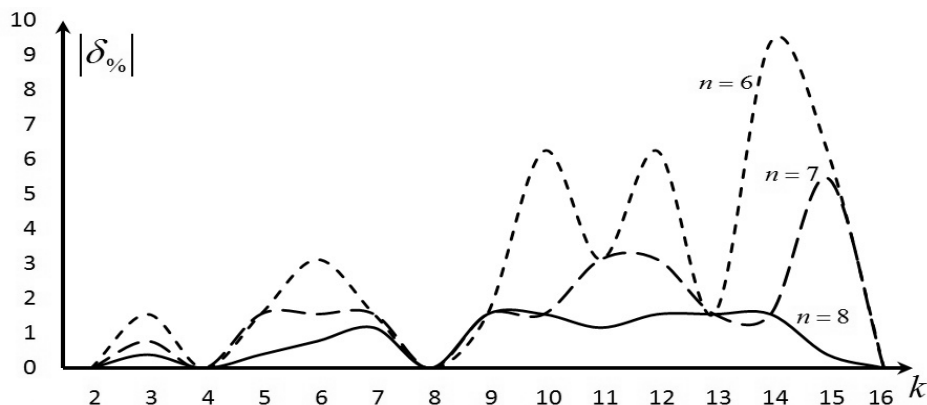


Рисунок 1 — Графік відносних похибок формул апроксимації

Перевагою такого підходу є те, що його можна реалізувати апаратно. Структурну схему пристрою для виконання операції ділення за апроксимаційною формулою (1), зображено на рисунку 2.

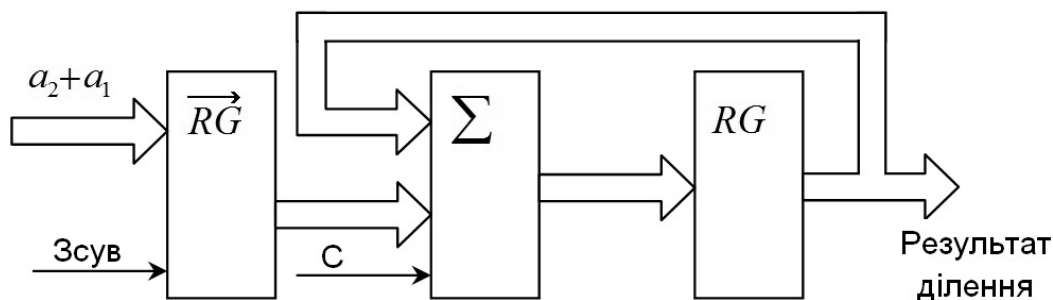


Рисунок 2 – Пристрій, що виконує операцію ділення за апроксимаційними формулами

Пристрій складається із зсувного регістра \overline{RG} і нагромаджувального суматора, утвореного регістром RG і комбінаційним суматором Σ . Значення $a_1 + a_2$ поступає на вхід зсувного регістра, який використовується для знаходження доданків, які поступають на вхід нагромаджувального суматора. Додавання у нагромаджувальному суматорі виконується тільки при умові, що $i_j=1$. Якщо поточне значення $i_j=0$, то виконується тільки зсув.

Розраховано, що застосування підходу заміни операції ділення апроксимаційною формулою підвищує швидкодію в 1,43 рази.

При розрахунку інтенсивності кольору за методом Фонга, розраховуються проміжні вектори, що вимагає операції нормалізації. Зменшення розмірів полігональних трикутників призводить до того, що різниця між нормалізованим вектором та ненормалізованим стає такою, що нормалізацією можна знехтувати.

Максимальна відносна похибка інтенсивності дифузної складової кольору δI , розрахованої без нормалізації, знаходиться за формулою [5]:

$$\delta I = 1 - \sqrt{\frac{1 + \vec{N}_A \cdot \vec{N}_B}{2}}.$$

Графік максимальної відносної похибки інтенсивності дифузної складової кольору зображено на рисунку 3. Для наглядності на графіку представлено залежність максимальної відносної похибки розрахунків освітлення без нормалізації від кута φ між нормаллями.

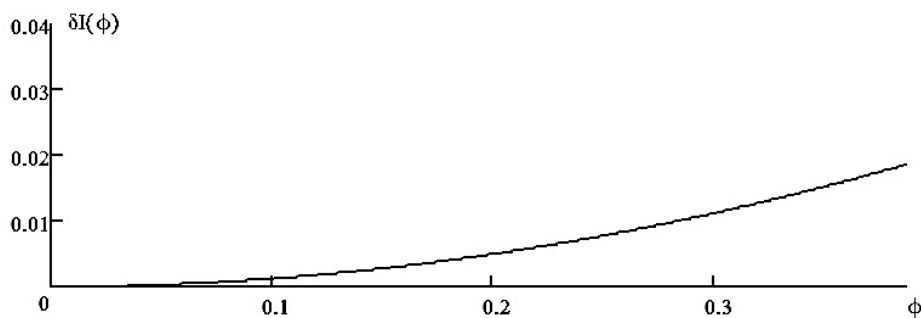


Рисунок 3 – Графік максимальної відносної похибки дифузної складової кольору

З наведеного графіка (рисунок 3) видно, що вже при куті між векторами у $0,2 \text{ rad} \times 57,296^\circ = 11,46^\circ$ максимальна відносна похибка обчислень, виконаних без нормалізації, не перевищує 0,5 %. Максимальна відносна похибка визначення інтенсивності кольору може слугувати критерієм вибору варіанта розрахунку світла (виконувати нормалізацію чи не виконувати).

Особливістю полігональних поверхонь є те, що їх можна додатково тріангулювати для забезпечення необхідної щільності полігональної мережі. При цьому таку операцію можна виконувати вже на етапі рендерингу, оскільки в DirectX 11 введено новий етап графічного конвеєра – тесселяцію (tessellation). Тому, при підвищенні щільності полігональної сітки, трафік на шині практично не збільшиться.

Висновки. Запропоновані підходи, основані на використанні високополігональної мережі для подання поверхонь, дають можливість забезпечити високу реалістичність відтворення зображень при відносно високій продуктивності. Можливість незалежної обробки трикутників дозволяє розпаралелити процес і використати для цього сучасні графічні відеокарти.

Список літератури

1. Хилл Ф. OpenGL. Программирование компьютерной графики / Ф. Хилл. — Спб. : Питер, 2002. — 1088 с.
2. Фролов В. Обратная трассировка лучей. Режим доступа: <http://www.ray-tracing.ru/articles164.html>.
3. Eric Rollins Real-Time Ray Tracing with GPGPU and Multi-Core. Режим доступа: http://home.mindspring.com/~eric_rollins/ray/cuda.html.
4. Романюк О. Н. Один із підходів до підвищення швидкодії зафарбовування / О. Н. Романюк, М. Д. Обідник // Наукові праці ДонНТУ. Випуск 21 (183). — С. 116-121 .
5. 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.

Отримано 10.09.2011