

АНАЛІЗ ГІБРИДНИХ СИСТЕМ 3D-РЕНДЕРИНГУ

¹ Вінницький національний технічний університет;

Анотація

Проаналізовано особливості гібридних систем 3D-рендерингу, що поєднують переваги високопродуктивності методу Фонга та високореалістичності методу трасування променів.

Ключові слова: гібридний рендеринг, метод Фонга, растеризація, трасування променів.

Abstract

The key features of hybrid 3d-rendering systems, which combine the advantages of Phong method's high productivity and ray tracing method's high realism, are analyzed.

Keywords: hybrid rendering, Phong method, rasterization, ray tracing.

Вступ

У сучасній комп'ютерній графіці [1] одним із головних завдань є забезпечення високої якості зображень при обмежених обчислювальних ресурсах. Зростання вимог до фотореалістичності та інтерактивності стимулює розвиток гібридних систем 3D-рендерингу, у яких класичні методи растеризації поєднуються з адаптивними алгоритмами для оптимального використання ресурсів. Особливе значення це має для методів зафарбовування та трасування променів, які формують основу сучасних рендеринг-підсистем.

Метою роботи є аналіз особливостей гібридних систем 3D-рендерингу.

Результати дослідження

Метод зафарбовування Фонга дозволяє отримувати плавне освітлення на поверхнях об'єктів шляхом інтерполяції нормалей по трикутниках і подальшого обчислення освітлення на рівні пікселів. Завдяки цьому забезпечується більш реалістичне відтворення гладких поверхонь у порівнянні з поверхшинним освітленням, при цьому метод залишається достатньо швидким для інтерактивного застосування. Проте при складних сценах з реалістичними оптичними ефектами класична растеризація Фонга не враховує взаємні відбиття світла, заломлення та глобальні ефекти освітлення.

Для підвищення ефективності застосовують адаптивні методи растеризації Фонга. Вони передбачають динамічну зміну параметрів зафарбовування залежно від важливості об'єкта та його положення в сцені. Наприклад, можна зменшувати точність інтерполяції нормалей для віддалених об'єктів або обчислювати освітлення з меншою деталізацією там, де зміни яскравості непомітні. Також використовують різні рівні деталізації та комбінують попиксельне і поверхшинне обчислення освітлення для оптимізації роботи графічного процесора.

На відміну від растеризації Фонга, метод трасування променів базується на фізичному моделюванні поширення світла. Він дозволяє отримувати високоточні зображення з реалістичними тінями, відображеннями та заломленням. Високі обчислювальні витрати обмежують його застосування у реальному часі. Тому застосовують адаптивні стратегії: обмежують глибину трасування для менш важливих ділянок сцени, збільшують кількість променів у найважливіших зонах, застосовують фільтрацію шуму лише там, де вона необхідна, та повторно використовують результати попередніх кадрів для економії ресурсів.

Поєднання швидкої растеризації Фонга та вибіркового трасування променів створює основу гібридних методів рендерингу [2-3]. У таких системах базове освітлення та затінення обчислюються ефективним методом Фонга, а складні оптичні ефекти – точним трасуванням променів у пріоритетних ділянках сцени. Вибір алгоритму залежить від положення камери, значущості об'єктів та інших параметрів, що дозволяє оптимально використовувати обчислювальні ресурси та підтримувати високу якість зображень.

Використання гібридних підходів забезпечує ефективну роботу на різних платформах: на потужних робочих станціях можливе глибоке трасування променів для реалістичного освітлення, тоді як на мобільних пристроях або в інтерактивних симуляторах обчислення обмежується лише найважливішими зонами. Це дозволяє стабілізувати частоту кадрів та підвищити комфорт користувача при взаємодії із системою.

Крім технічних аспектів, гібридні системи враховують особливості людського сприйняття. Ділянки сцени, на які користувач звертає увагу, обробляються з високою точністю, тоді як периферійні області рендеряться з меншим рівнем деталізації, що економить ресурси без втрати візуальної достовірності.

Висновки

Адаптивне поєднання методів растеризації Фонга та трасування променів у рамках гібридних систем 3D-рендерингу дозволяє поєднати швидкодію та високу якість зображень. Це забезпечує ефективне використання обчислювальних ресурсів, масштабованість систем та реалістичність відтворення складних сцен. Подальші дослідження доцільно спрямовувати на вдосконалення критеріїв вибору методів рендерингу та розробку універсальних адаптивних алгоритмів, що підтримують високу продуктивність і точність відтворення сцен.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Романюк О. Н. Комп'ютерна графіка / О. Н. Романюк, О. В. Романюк, Р. Ю. Чехмestрук. — Вінниця : ВНТУ, 2023. — 147 с.
2. LiKai J. Design and implementation of heuristic hybrid rendering / J. LiKai, W. GuoZhong, Z. HaiWu // Proceedings Volume 13105, International Conference on Computer Graphics, Artificial Intelligence, and Data Processing (ICCAID 2023), [Qingdao], December 1—3, 2023 / SPIE. — Bellingham, 2024. — pp. 1310505-1— 1310505-7.
3. Stakhov O. Y. Combined usage of Phong Shading and Ray Tracing / O. Y. Stakhov, O. N. Romanjuk, Y. K. Zavalniuk // Collection of Scientific Papers with Proceedings of the 4th International Scientific and Practical Conference «Global Trends in the Development of Information Technology and Science», [Stockholm], June 25—27, 2025 / International Scientific Unity. — Stockholm, 2025. — pp. 145— 150.

Романюк Олександр Никифорович — д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри програмного забезпечення, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: rom8591@gmail.com.

Завальнюк Євген Костянтинович — аспірант кафедри програмного забезпечення, Вінницький національний технічний університет, Вінниця.

Romanyuk Oleksandr N. — Dr. Sc. (Eng.), Professor, Head of the Chair of Software Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia

Zavalniuk Yevhen K. — postgraduate student of Software Engineering Department, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia