

РЕФЕРАТ

Актуальність теми. Однією з важливих задач комп'ютерної графіки є вирішення проблеми освітлення в реальному часі, оскільки вона є ключовим аспектом генерації реалістичних зображень під час відтворення графічних сцен у відеоіграх, симуляторах, архітектурних та географічних візуалізаціях тощо.

Основні викликами є:

1. Реалістичність – для досягнення реалістичного освітлення потрібно враховувати різні джерела світла, їхні властивості та взаємодію з поверхнями об'єктів.

2. Швидкість – оскільки освітлення відбувається в реальному часі, важливо оптимізувати алгоритми та підвищити швидкість обчислень для плавної динаміки візуалізації та ін.

3. Динаміка – змінюваність сцени, анімація об'єктів і рух камери вимагають адаптації освітлення в реальному часі.

4. Тіні – генерація тіней в реальному часі є складною задачею, оскільки потрібно враховувати розміри, форми та властивості об'єктів, а також джерела світла.

5. Глобальне освітлення – урахування впливу відбиття світла від інших об'єктів та середовища дозволяє отримати більш реалістичні зображення.

Для розв'язання цих проблем використовуються різні методи та алгоритми, такі як "deferred shading", "screen space reflections", "real-time global illumination", "physically based rendering". Їх застосування дозволяє отримати високоякісне освітлення при створенні зображень у графічних застосунках в режимі реального часу. Проте вони не завжди оптимально використовують апаратні ресурси графічного процесора. Однією з суттєвих

проблем, що може виникнути при їх використанні, є ефект під назвою quad overdraw, який зумовлений апаратними особливостями графічного конвеєра. Це зумовлює потребу в таких способах і засобах формування реалістичних зображень, які дозволять оптимально використовувати апаратні ресурси графічного процесора.

Об'єктом дослідження є процеси освітлення трьохвимірних об'єктів в реальному часі.

Предметом дослідження є методи, способи та засоби оптимізації систем освітлення в реальному часі.

Метою роботи є підвищення ефективності програмного забезпечення для візуалізації трьохвимірних об'єктів в реальному часі шляхом оптимізації процесу підготовки даних, необхідних для обчислення освітлення.

Наукова новизна:

- Запропоновано спосіб реалізації відкладеного текстуровання з використанням обчислювального конвеєра для посилення контролю над процесом виконання шейдерів на графічному конвеєрі. Це дозволяє мінімізувати вплив ефекту quad overdraw, що виникає при растерізації великої кількості високодеталізованої геометрії, і тим самим оптимізувати процес освітлення, підвищивши його швидкодію.
- Запропоновано використання Async Compute для розділення підготовчих обчислень для звичайної геометрії та геометрії з великими накладними витратами при рендерингу через quad overdraw.

Це дозволяє зменшити загальну тривалість кадру завдяки паралельній роботі графічного та обчислювального конвеєрів.

Практична цінність: розроблені програмні засоби дозволяють реалістично візуалізувати та освітлювати тривимірні об'єкти в реальному часі і можуть бути використані в сфері розробки комп'ютерних ігор, графічному дизайні, географічних та інженерних візуалізаціях.

Апробація роботи. Основні положення і результати роботи були представлені та обговорювались на:

1. П'ята міжнар. наук.-практ. конф. «Сучасні тенденції розвитку інформаційних систем і телекомунікаційних технологій», 1 червня 2023 р. (Київ, Україна). — К.: НУХТ, 2023.
2. Шістнадцята наук. конф. магістрантів та аспірантів Прикладна математика та комп'ютинг. ПМК, 2023, Київ, 28—30 лист. 2023.

Структура та обсяг роботи. Магістерська дисертація складається з вступу, чотирьох розділів та висновків.

У *вступі* подано загальну характеристику роботи, зроблено оцінку сучасного стану проблеми, обґрунтовано актуальність напрямку досліджень, сформульовано мету досліджень.

У *першому розділі* проведено детальне дослідження наявних систем систем освітлення. Оцінено їх переваги та обмеження, а також визначено потреби та обмеження при їх використанні.

У *другому розділі* розглянуто варіант реалізації методу відкладеного текстуровання, розглянуто проблеми, які виникають при реалізації способу та способи їх вирішення.

У третьому розділі розглянуто і обґрунтовано вибір інструментарію для розробки системи освітлення, наведено опис можливостей DirectX 12, корисних при розробці.

У четвертому розділі проведено порівняння ефективності запропонованої реалізації з класичним методом освітлення.

У висновках представлені результати проведеної роботи.

Робота представлена на 109 аркушах, містить 21 рисунок та посилання на список використаних літературних джерел.

Ключові слова: рендеринг, освітлення, реальний час, моделі візуалізації тривимірних об'єктів, DirectX, GPU.

ABSTRACT

Actuality of theme. The problem of real-time lighting is one of the most important tasks in computer graphics, as it concerns the generation of realistic images in real time when rendering graphical scenes in video games, simulations, architectural and geographic visualizations, etc.

The main challenges are:

1. Realism - to achieve realistic lighting, it is necessary to take into account various light sources, their properties and interaction with object surfaces.
2. Speed - since lighting happens in real time, it is important to optimize algorithms and use computing speed for smooth game dynamics, etc.
3. Dynamics - scene variability, object animation, and camera movement require real-time lighting adaptation.
4. Shadows - generating shadows in real time is a challenging task, as it requires taking into account the size, shape, and properties of objects, as well as light sources.
5. Global illumination - taking into account the influence of light reflection from other objects and the environment allows you to get more realistic images.

To solve these problems, various methods and algorithms are used, such as "deferred shading", "screen space reflections", "real-time global illumination", "physically based rendering". These techniques can produce high-quality lighting for real-time image creation in graphics

applications. However, they do not always make optimal use of the GPU's hardware resources. One of the significant problems that can arise when using them is an effect called quad overdraw, which is caused by hardware features of the graphics pipeline.

The object of research is the processes of lighting three-dimensional objects in real time.

The subject of research is methods, techniques and means of optimizing real-time lighting systems.

The aim of the study is to increase the efficiency of software for visualizing three-dimensional objects in real time by optimizing the process of preparing the data necessary for calculating lighting.

Scientific novelty:

- We propose a method for implementing deferred texturing using a computational pipeline to increase control over the process of executing shaders on a graphics pipeline. This allows minimizing the influence of the quad overdraw effect that occurs when rasterizing a large number of highly detailed geometry, and thereby optimizing the lighting process, increasing its performance.

- We propose to use Async Compute to separate preparatory computations for ordinary geometry and geometry with high overhead when rendering through quad overdraw. This reduces the overall frame duration due to the parallel operation of the graphics and computational pipelines.

Approbation of work. The main provisions and results of the work were presented and discussed at:

1. XVI scientific and practical conference of master's and postgraduate students "Applied mathematics and computing" PMK-2023 (Kyiv, November 28-30, 2023).

2. V international scientific and practical conference "Modern trends in the development of information systems and telecommunication technologies" on the basis of the National University of Food Technologies.

Structure and scope of work. The master's thesis consists of an introduction, four chapters and conclusions.

The introduction provides a general description of the work, assesses the current state of the problem, substantiates the relevance of the research area, formulates the goal and objectives of the research, shows the scientific novelty of the results and the practical value of the work, and provides information on the testing of the results and their implementation.

In the first section, a detailed study of existing lighting modeling systems was conducted. Their advantages and limitations were evaluated, and the needs and limitations of their use were identified.

The second section discusses the implementation of the deferred texturing method, considers the problems that arise during the implementation of the method and ways to solve them.

In the third section, the choice of development tools is substantiated, and a description of DirectX 12 features that can be used in development is given.

The fourth section compares the efficiency of the developed implementation.

The conclusion presents the results of the work.

The work is presented on 109 pages, contains 21 figures and references.

Keywords: rendering, lighting, real time, 3D object visualization models, DirectX 12, GPU.