

АЛГОРИТМЫ ОТОБРАЖЕНИЯ ОБЪЁМНЫХ ТУМАНА И ОБЛАКОВ ДЛЯ СИСТЕМ С НЕСКОЛЬКИМИ ГРАФИЧЕСКИМИ АДАПТЕРАМИ

Суворов А. М.¹, Морунов А. Д.¹
Научный руководитель – Богданов М. К.¹

¹Университет ИТМО
andryusha.suvorov.05@mail.ru

Введение

Объёмные атмосферные эффекты (туман и облака) - один из ключевых факторов достижения визуального реализма в компьютерной графике реального времени, однако их физически-корректное моделирование связано с существенными вычислительными затратами: требуется рассеивание/поглощение света вдоль луча, учёт освещения и теней, а также подавление шумов и артефактов при ограниченном сэмпировании. В практических реализациях часто используются упрощённые аналитические модели тумана (например, туман, зависящий от расстояния от камеры до объекта на сцене) и объёмные представления облаков, в том числе на основе signed distance field (SDF) и вокселей.

Современные графические API (в частности, DirectX 12) поддерживают режимы работы с несколькими графическими адаптерами и механизмы обмена данными между ними [1]. Актуальность исследования заключается в необходимости создания алгоритмов отрисовки объёмных тумана и облаков на системах с несколькими GPU, так как большинство подходов к атмосферным эффектам проектируются как проход внутри одного GPU, из-за чего вычислительный бюджет тумана и облаков конкурирует с рендерингом сцены. Алгоритмы, которые масштабируются на системы с несколькими GPU, повышают производительность без заметной деградации качества. Ограничения обмена данными между адаптерами дополнительно усиливают важность минимизации межадаптерного трафика [2].

Основная часть

В работе предлагается схема распределения атмосферных вычислений между несколькими графическими адаптерами, где основной адаптер выполняет базовый рендеринг геометрии и формирование необходимых буферов, а дополнительный адаптер берёт на себя техники вычислений атмосферных эффектов. Для реализации обмена данными используются механизмы DirectX 12 multi-adapter и shared/cross-adapter ресурсы [1, 3].

Для отображения тумана была выбрана техника Exponential Height Fog (EHF), при которой используется аналитическая модель высотной плотности для формирования тумана, устойчивого на больших дистанциях и дешёвого по стоимости в сравнении с полноценными объёмными моделями.

Для отображения облаков были выбраны SDF-генеративные облака с вычислениями цвета пикселя через ray marching. Облака задаются процедурным SDF-полем (включая параметры формы/эрозии/слоёв), а визуализация выполняется методом ray marching с адаптивным шагом по оценке расстояния до границы объёма.

В работе проводится экспериментальное сравнение режимов single-GPU и multi-GPU на наборе сцен с контролируемой сложностью атмосферы: варьируются плотность/высота тумана, покрытие и масштаб облаков, число шагов ray marching и разрешение экрана, при этом учитываются потенциальные проблемы согласования кадров и плавности вывода, связанные с задержками адаптеров в multi-GPU системах [4].

Выводы

В результате работы были разработаны алгоритмы отображения атмосферных эффектов для систем с несколькими графическими адаптерами, показавшие прирост производительности на тестах графической системы. Сформулированы принципы распределения вычислений между GPU с акцентом на снижение межадаптерного трафика и асинхронное копирование ресурсов, согласуемое с основными ограничениями графического конвейера [5]. Реализация на базе возможностей Direct3D 12 multi-adapter и shared-ресурсов позволяет вынести существенную часть стоимости объёмных эффектов на вторичный адаптер и повысить производительность при сохранении визуального качества [1,3].

Литература

1. Microsoft Corporation. Multi-Adapter [Электронный ресурс]. 2017. URL: <https://devblogs.microsoft.com/directx/directx-12-multiadapter-lighting-up-dormant-silicon-and-making-it-work-for-you/>. (дата обращения: 07.01.2025).
2. Li A. и др. Evaluating Modern GPU Interconnect: PCIe, NVLink, NV-SLI, NVSwitch and GPUDirect // IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems. 2020. Т. 31, № 1.
3. DirectX 12 Cross Adapter Resources [Электронный ресурс]. URL: <https://learn.microsoft.com/en-us/windows-hardware/drivers/display/supporting-caso> (дата обращения: 04.09.2025).
4. Greg Ryder I. W. Microstuttering in AFR-based multi-GPU rendering [Электронный ресурс]. 2011. URL: <https://www.tomshardware.com/reviews/radeon-geforce-stutter-crossfire,2995-2.html> (дата обращения: 16.11.2024).
5. Luebke D., Humphreys G. How GPUs work // Computer (Long Beach Calif). 2007. Т. 40, № 2.