

ГИБРИДНЫЙ МЕТОД РАСЧЕТА КАСКАДНЫХ ТЕНЕЙ В СИСТЕМАХ С НЕСКОЛЬКИМИ ВИДЕОКАРТАМИ

Иманаков В. П. (Университет ИТМО)

Научный руководитель – инженер школы разработки видеоигр, Богданов М. К.
(Университет ИТМО)

Введение

В современной компьютерной графике реалистичность сцены во многом определяется качеством теней. Одним из наиболее распространенных методов их построения является использование каскадных теневых карт (Cascaded Shadow Maps, CSM) [1-3], позволяющих повысить детализацию теней вблизи наблюдателя и масштабировать тени на больших дистанциях видимости [3-5]. Однако построение нескольких каскадов в каждом кадре требует значительных вычислительных ресурсов и увеличивает время кадра, особенно в сценах с динамическими объектами и плотной геометрией [1-5]. В то же время современные системы часто оснащены несколькими графическими устройствами, включая встроенные и дискретные видеокарты, что создает предпосылки для распределения вычислительной нагрузки между устройствами [6-9]. Целью работы является исследование гибридного метода расчета каскадных теней с использованием нескольких GPU для повышения производительности рендеринга реального времени без существенного ухудшения визуального качества [8-10].

Основная часть

Предлагаемый подход основан на функциональном разделении этапов построения и использования теней между графическими процессорами в режиме explicit multi-adapter. Вторичное устройство выполняет построение каскадных теневых карт, а основное устройство параллельно обрабатывает геометрию кадра и последующий этап освещения [8-10]. После завершения построения обновленные каскады передаются на основное устройство и используются при расчете освещенности сцены [8-10]. Такой способ позволяет выполнять часть вычислений параллельно и снижает нагрузку на основной графический процессор [6-10].

В отличие от схемы, при которой все каскады пересчитываются в каждом кадре, в работе рассматривается адаптивное обновление каскадов. Ближний каскад обновляется каждый кадр, так как его вклад в качество изображения максимален. Средние и дальние каскады обновляются по событию (заметное изменение положения или ориентации камеры, изменение направления света) либо с пониженной частотой. Такой подход уменьшает число пересчетов и объем межустройственного обмена, сохраняя приемлемое качество теней в большинстве сцен [1-5].

Алгоритм включает следующие этапы:

1. Определение параметров каскадов и границ их действия в пространстве камеры [1-5].
2. Оценка условий обновления для каждого каскада [4-5].
3. Построение выбранных каскадов на вторичном графическом устройстве [8-10].
4. Передача обновленных теневых карт на основное устройство [3-8].
5. Использование полученных карт при освещении сцены [4-5].
6. Сбор метрик производительности (время построения каскадов, время передачи данных, время кадра) [7-10].

Для оценки эффективности подхода предполагается сравнение режимов single-GPU и hybrid multi-GPU на типовых сценах (закрытое помещение, открытая

сцена, сцена с плотной растительностью) с фиксацией FPS, времени кадра и стоимости межустройственного копирования [7-10].

Выводы

Предложен гибридный метод расчета каскадных теней для систем с несколькими видеокартами, основанный на распределении этапов построения и использования CSM между графическими устройствами. Введено адаптивное обновление каскадов, позволяющее уменьшить объем вычислений и межустройственного обмена без существенного снижения качества изображения [1-5]. Практическая значимость работы заключается в возможности применения метода в игровых движках, интерактивных симуляторах и системах визуализации реального времени [6-10]. Полученные результаты могут быть использованы как основа для дальнейшего развития дипломной работы, включая исследование критериев обновления каскадов и автоматического выбора режима работы в зависимости от профиля нагрузки.

Литература

1. Dimitrov R. Cascaded Shadow Maps. 2007.
2. Parallel-Split Shadow Maps on Programmable GPUs // GPU Gems 3, NVIDIA Developer. URL: <https://developer.nvidia.com/gpugems/gpugems3/part-ii-light-and-shadows/chapter-10-parallel-split-shadow-maps-programmable-gpus> (дата обращения: 25.02.2026).
3. Scherzer D., Wimmer M., Purgathofer W. A Survey of Real-Time Hard Shadow Mapping Methods // Computer Graphics Forum. 2011. Vol. 30, no. 1. P. 169–186.
4. Pharr M., Fernando R., Humphreys G. GPU Gems 2: Programming Techniques for High-Performance Graphics and General-Purpose Computation. Addison-Wesley, 2005.
5. Stamminger M., Drettakis G. Perspective Shadow Maps // Proceedings of the 29th Annual Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques. 2002. P. 557–562.
6. Multi-adapter systems and Direct3D 12; Shared resources across adapters // Microsoft Learn. URL: <https://learn.microsoft.com/en-us/windows/win32/direct3d12/multi-engine> (дата обращения: 25.02.2026).
7. Sjöholm J., Andersson B. Explicit Multi-GPU Programming with DirectX 12 // GDC Vault.
8. Mikhanil. Multi-GPU-Render-DX12: GitHub repository (implementation base). URL: <https://github.com/Mikhanil/Multi-GPU-Render-DX12> (дата обращения: 25.02.2026).
9. NVIDIA. SLI Best Practices Guide. 2015.
10. Krawczyk G. Microstuttering in AFR-based multi-GPU rendering // Computer Graphics Forum. 2009. Vol. 28, no. 2. P. 367–374.