

Анализ и разработка алгоритма симуляции отражений, адаптированного для систем с несколькими GPU

Профе Д. В.
Научный руководитель – Богданов М.К.
Университет ИТМО

Введение

В игровой индустрии часто необходимо, чтобы некоторый объект имел зеркальную поверхность, а значит, корректно отражал сцену вокруг себя. Это сильно увеличивает реалистичность сцены и улучшают вовлеченность игрока. При этом многие методы получения отражений либо ограничены по применимости (например, только для плоскостей), либо дают артефакты в динамике, либо требуют существенных вычислительных ресурсов и плохо масштабируются на массовом «железе».

В условиях роста распространенности гибридных конфигураций (ноутбуки и ПК, сочетающие дискретную и встроенную графику) актуальной становится задача распределения этапов рендеринга между несколькими GPU так, чтобы сократить узкие места конвейера и избежать простоев. В данной работе я разрабатываю алгоритм, основанный на методе Cube Mapping, оптимизируя его под две видеокарты, за счет вынесения построения кубической карты на дополнительный графический процессор.

Основная часть

В качестве базового метода для реализации отражающих поверхностей я выбрала Cube Mapping, так как он широко применим для различных отражающих объектов, но становится затратным, если окружение часто обновляется, т.к. операция построения кубической карты каждый кадр отнимает много ресурсов, особенно при множестве зеркальных объектов в кадре. Предложенный подход основан на разделении обязанностей: основной (дискретный) GPU выполняет отрисовку сцены и основной конвейер, а дополнительный (интегрированный) GPU отвечает за построение кубической карты отражений и подготовку данных к использованию в кадре. Ключевым требованием при проектировании стала минимизация стоимости синхронизации и передачи результатов между GPU.

Я рассмотрела несколько вариантов организации обновления отражений, отличающиеся частотой пересчета кубической карты и, как следствие, балансом «качество/производительность»:

- Обновление каждый кадр, обеспечивающее наиболее актуальное отражение, но потенциально увеличивающее стоимость вычислений при тяжелых сценах.
- Обновление раз в N кадров, где N выступает параметром балансировки: отражение может слегка «устаревать», но стоимость эффекта значительно снижается, а общий рендеринг становится стабильнее.
- Дополнительно рассмотрен подход reflection probes как практичный сценарий для больших уровней, где отражение меняется по зонам, снижая необходимость постоянных пересчетов.

Для оценки эффективности были зафиксированы критерии: время кадра (как основная метрика real-time производительности), стоимость этапов, связанных с отражениями (построение и подготовка кубической карты), а также визуальная приемлемость результата. Проведенные тесты на реализованной программе показали, что перенос вычислений кубической карты на дополнительный GPU оптимизирует работу конвейера: уменьшается нагрузка на основной GPU, снижаются простои, и в большинстве сценариев ускоряется получение итогового кадра при сохранении

корректного визуального эффекта.

Выводы

Проанализированы подходы к отражениям в игровой индустрии, после чего разработан, реализован и протестирован алгоритм, адаптирующий Cube Mapping к гибридной multi-GPU системе. По результатам распределение вычислений отражений между GPU действительно позволяет оптимизировать рендеринг за счет разгрузки основной видеокарты.

Литература

1. Богданов Михаил Константинович. Разработка и анализ алгоритмов мульти-GPU рендеринга с использованием дискретного и интегрированного GPU. Санкт-Петербург, 2021.
2. Craig DT. (n.d.). Технологии построения изображений на системах из нескольких карт или дисплеев у двух ведущих производителей графических чипов | Radeon.Ru. Retrieved January 21, 2025, from <https://radeon.ru/articles/technology/multiview/>
3. Using Multiple Graphic Cards - Derivative. (n.d.). Retrieved January 21, 2025, from https://docs.derivative.ca/Using_Multiple_Graphic_Cards
4. Планарные отражения в играх - как создают и как работают отражения в экранном пространстве. (n.d.). <https://Easycode.Tech/Tpost/F08d2a6bo1-Planarnie-Otrazheniya-v-Igrah-Kak-Sozday>.
5. Kriglstein, S., & Wallner, G. (n.d.). Environment Mapping.
6. Zimmons, P. (1999). COMP238: Raster Graphics Final Project: Spherical, Cubic, and Parabolic Environment Mappings. <http://www.unc.edu/~zimmons/cs238/maps/environment.html>
7. Lambers, M. (2020). Survey of cube mapping methods in interactive computer graphics. *Visual Computer*, 36(5), 1043–1051. <https://doi.org/10.1007/s00371-019-01708-4>
8. Gojković, K., Lesar, Ž., & Marolt, M. (2024). Reflection probe interpolation for fast and accurate rendering of reflective materials. *Journal of WSCG*, 32(1–2), 61–70. <https://doi.org/10.24132/JWSCG.2024.7>