

## АППРОКСИМАЦИИ ГЛОБАЛЬНОГО ОСВЕЩЕНИЯ В ЭКРАННОМ ПРОСТРАНСТВЕ НА ГРАФИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОРАХ

*Астапов Андрей Сергеевич*

*Студент*

*Факультет ВМК МГУ имени М. В. Ломоносова, Москва, Россия*

*E-mail: andrey.astapov@graphics.cs.msu.ru*

**Научный руководитель** — *Фролов Владимир Александрович*

**Глобальное освещение** (непрямое освещение) - значительный фактор в отрисовке реалистичных изображений. Подсчёт непрямого освещения - вычислительно сложная задача, поэтому в приложениях реального времени используются аппроксимации, позволяющие создать визуальные эффекты, получаемые за счёт вычисления глобального освещения. Одной из таких аппроксимаций является окклюзия окружения.

**Окклюзия окружения** (Ambient Occlusion (AO)) - понятие, используемое в теории освещения, представляющее собой уровень уменьшения непрямого освещения в точке пространства в зависимости от того, какая доля приходящих не прямых лучей света будет заблокирована окружающей точку геометрией. Использование АО создаёт такие визуальные эффекты, как затемнение углов, трещин, морщин, мелких рельефных неровностей и щелей. Это улучшает восприятие геометрии сцены и делает изображение более реалистичным (см. Рис. 1.).

Оригинальная задача подсчёта Ambient Occlusion - вычислительно сложный процесс, основанный на трассировке лучей. И хотя появляются устройства с поддержкой аппаратного ускорения трассировки лучей (такие как серия RTX видеокарт Nvidia), их возможности остаются достаточно ограниченными.

Для аппроксимации Ambient Occlusion в реальном времени в 2007 году компанией Crytek был представлен метод Screen Space Ambient Occlusion (SSAO)[1], подсчитывающий приближение АО с помощью информации, доступной в буфере глубины и карте нормалей. Несмотря на то, что такой подход порождает артефакты, т.к. не имеет доступа к полной информации о сцене, он стал практически стандартом для подсчёта АО в приложениях реального времени.

Хотя с момента появления SSAO в 2007 году было представлено множество улучшений, большинство из них либо сохраняет высокую

вычислительную сложность алгоритма (НВАО[2], Alchemy[3]), либо порождает специфичные артефакты (LSAO[5]).

Основа сложности методов SSAO заключается в необходимости большого количества выборок из текстуры глубины для получения визуально приемлемых результатов. Для подсчёта текстуры АО из  $N$  пикселей необходимо для каждого пикселя совершить  $M$  выборок из буфера глубины. При этом  $M$  линейно пропорционально  $N$ , т.е. если увеличить  $N$  в 2 раза, необходимо соответственно увеличить  $M$  в 2 раза, иначе область видимости алгоритма уменьшится, и визуальный результат изменится. Получаем квадратичную сложность вычислений  $O(N^2)$ , что делает даже такую аппроксимацию всё ещё плохо применимой в приложениях реального времени. Поэтому зачастую АО считают на текстурах в 2-4 раза меньшего разрешения, чем размер итогового изображения, что создаёт ещё больше артефактов и нарушает целостность изображения вдоль резких высокочастотных границ.

### Иллюстрации

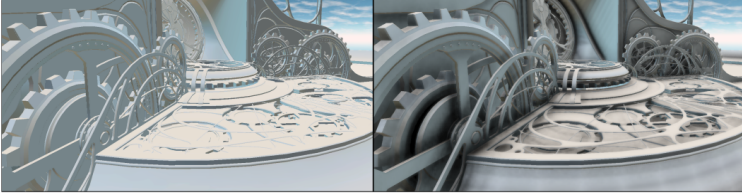


Рис. 1. Слева: простое освещение окружения. Справа: освещение с применением SSAO.

В рамках данной работы был создан новый алгоритм вычисления SSAO, состоящий из 2х этапов:

1. По карте глубины построить пирамиду текстур, в каждом пикселе которой хранить следующие статистики: максимальное, минимальное и среднее значение глубины по данной области. (Сложность  $O(N)$ )
2. Вычислить АО в каждом пикселе, используя экспоненциально увеличивающийся размер шага за счёт выборок из разных уровней пирамиды текстур. (Сложность  $O(N*\log(N))$ )

Итоговая сложность алгоритма:  $O(N + N*\log(N))$ .

Экспериментальная оценка показала, что новый алгоритм сравним по точности с классическими методами, при этом обладает меньшей алгоритмической сложностью.

### Литература

1. Mittring M. Finding next gen: Cryengine 2  
//ACM SIGGRAPH 2007 courses. – 2007. – С. 97-121.
2. Bavoil L., Sainz M., Dimitrov R. Image-space horizon-based ambient occlusion  
//ACM SIGGRAPH 2008 talks. – 2008. – С. 1-1.
3. McGuire M. et al. The alchemy screen-space ambient obscurance algorithm  
//Proceedings of the ACM SIGGRAPH Symposium on High Performance Graphics. – 2011. – С. 25-32.
4. Sourimant G., Gautron P., Marvie J. E. Poisson disk ray-marched ambient occlusion  
//Symposium on Interactive 3D Graphics and Games. – 2011. – С. 210-210.
5. Timonen V. Line-Sweep Ambient Obscurance  
//Computer graphics forum. – Oxford, UK : Blackwell Publishing Ltd, 2013. – Т. 32. – №. 4. – С. 97-105.