# Отсев (Culling)

Быковских Дмитрий Александрович

19.10.2024

2024-10-19 Отсев

Отсев (Culling)

Быновских Дмитрий Александрович

1 / 10

# Culling

Быковских Д.А

В современных видеоиграх и приложениях реального времени сцены могут содержать тысячи или даже миллионы объектов. Без отсечения система будет пытаться рендерить все объекты, даже если большая часть из них не видна. Это значительно замедлит процесс рендеринга и снизит производительность.

Culling (с англ. отсев, отбор, выборка) — процесс оптимизации рендеринга, суть которого заключается в исключении невидимых объектов в кадре, с целью экономии вычислительных ресурсов.

Отсев (Culling) позволяет уменьшить нагрузку на центральный и графический процессоры, избегая рендеринга ненужных объектов. Это особенно критично для игр с большими открытыми мирами, таких как RPG или FPS, где игрок перемещается по огромным пространствам с множеством объектов.

4 □ → 4 □ → 4 □ → 4 □ → □ → Q (~)

19.10.2024 2 / 10

тсев

-Culling

ng

в современных видеовтрых и пристояннями реального времения сцень могут совремать тысичи или даме милизоны объектов. Боз отсечение система будет пытаться рекурерить его объекты, даже если большая часть из мос не видна. Это эксичтельно замедлит процесс рекуреринга и снижит производительность.

Culling (с англ. отсев, отбор, выборка) — процесс оптимизаци рездеринга, суть которого заключается в исключении невидимых объектов в кадре, с целью экономии вычислительных ресурсов.

Отсев (Culling) позволяет уменьшить нагрузку на центральный и графический процессоры, избетаю рендериега изнужных объектов. Э особенно критично для игр с большеми открытыми мирами, такке к RPG или FPS, где игрок перемецается по сгромным пространствам и



Рис. 1: Открытый мир в игре Far Cry (2004 г.)

#### Этапы с применением отсева

- Geometric stage (Геометрический этап). Отсев начинается с анализа сцены, где объекты проверяются на видимость относительно камеры.
  - Frustum Culling и Portal Culling применяются на этом этапе.
- Rasterization stage (Этап растеризации). Позволяет исключить полигоны (поверхности), нормаль которых направлена от камеры (или к камере).
  Этот этап включает Face Culling.
- Pixel stage (Этап обработки пикселей). Применяется, когда пиксели уже предварительно обработаны, если объекты перекрываются другими. Аппаратные и программные методы позволяют сделать это на уровне GPU, что помогает избежать затрат на рендеринг окклюдированных объектов.
   На этом этапе применяется Occlusion Culling.

4 D > 4 D > 4 E > 4 E > 9 Q O

2024-1

Отсев

–Этапы с применением отсева

Этапы с применением отсева

- анализа сцены, где объекты проверяются на видимость относительно камеры.
  Frustum Culling и Portal Culling применяются на этом этапе.
  Rasterization stage (Этап пастамузация). Позволяют исключить.
- Rasterization stage (Этап растеризации). Позволяет исключить полигоны (поверяности), нормаль иоторых направлена от камер (или к жаморе).
   Этот этап яключает Face Cullins.
  - Pixel stage (Этап обработки пикселей). Примичести, когда пиксем уже предварительно обработамы, если объекты переврываются ругими. Алиартиме и программыме инторы позволяют сделать это на уровне GPU, что помогает избежать затрат на рекуренит октяюрированных объектов.
     На этом этапе применяется Осъбыйс Сийля.

Дополнительные техники и оптимизации Hierarchical Culling (Иерархический отсев) и Level of Detail (LOD)

 Быковских Д.А.
 Отсев
 19.10.2024
 3 / 10

## Geometric stage. Frustum Culling

Отсев по пирамиде видимости

Простая идея. Если камера смотрит прямо, все объекты за спиной камеры будут исключены из обработки.

Пирамида видимости (frustum) — это объём пространства, который видит камера в 3D-пространстве. Всё, что находится за пределами этой пирамиды, не будет видно в кадре.

**Frustum Culling** — это процесс, при котором объекты, находящиеся за пределами пирамиды видимости камеры, исключаются из рендеринга. Это один из самых простых и эффективных методов отсечения.

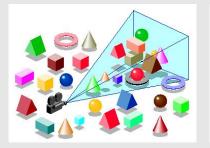
2024-10-19 Отсев

#### -Geometric stage. Frustum Culling

Geometric stage. Frustum Culling

Простам идея. Если жамера смотрит прямо, все объякты за слиной камеры бурут исключены из обработих. Перымица видемности (frustrum) — это объём пространства, который видет жамера в 30-пространстве. Вой, что канодится за пределами этой пирамиры, не будет видено в кадер. Frustum Culling — это процесс, при котором объекты, находящиеся з

праделами этой пирамеды, не будет видно в кадро.
Frustum Gulling — это процесс, при котором объекты, находящиеся пределами пирамеды видемости камеры, исслючаются из реидеримг Это один их самых простых и эффективных методов отсечения.



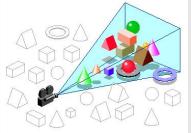


Рис. 2: Отсев по пирамиде видимости: до (слева) и после (справа)

 Быковских Д.А.
 Отсев
 19.10.2024
 4 / 10

# Geometric stage. Portal Culling

Отсев через порталы

Portal Culling — это метод, применяемый в сценах, которые делятся на секции или комнаты, соединенные «порталами» (двери, окна и т.д.). Если камера не может видеть через портал, то объекты, находящиеся в другой комнате, будут исключены. Этот метод часто используется в играх, где игрок перемещается между различными областями, например, в зданиях или туннелях. Пример.

Пусть дана сцена квартиры, с заполненными комнатами. Задача: исключение объектов, находящихся вне зоны видимости, т.е. за порталами (двери, окна).

Если дверь в другую комнату закрыта, сцена внутри другой комнаты может быть исключена из рендеринга.

5 / 10

Отсев

-Geometric stage. Portal Culling

Geometric stage. Portal Culling

Ростаl Сиlling — это метод, примонежный в сарінах, которые делятос на сенция или комасты, сокраненных егоратальня» (двари, основа т.д.). Если камеры нежнег видеть черо портал, то объясты, на наседащиеся в другий комастье, будут иссленны. Этот метод часто используется в играх, где игрок первинациятся между различными областими, напримора, в админях или тученость.

Пусть дана сцена квартиры, с заполненными комнатами. Задача: исключение объектов, находищеск вне зоны видимости, т.е. за порталами (двери, окна). Если дверь в другую комнату закрыта, сцена внутри другой комнати

Основное предназначение этого метода заключается в оптимизации отрисовки игр с архитектурными сценами.



Рис. 3: Portals and Mirrors, David P. Luebke and Chris Georges

 Быковских Д.А.
 Отсев
 19.10.2024

### Rasterization stage. Face Culling

#### Исключение граней

Face culling (исключение граней) — это более общий термин, который описывает процесс исключения каких-либо (например, обратных или лицевых) граней (полигонов) объекта из рендеринга. Backface culling (исключение обратных граней) — это техника, которая исключает из рендеринга задние (обратные) грани трёхмерных объектов. Эти грани считаются невидимыми для зрителя, так как они направлены в противоположную от камеры сторону. Описание Backface culling:

- Трёхмерные объекты обычно состоят из полигонов (чаще всего треугольников), которые часто рассматриваются как однонаправленные поверхности.
- Каждый треугольник имеет нормаль (вектор, перпендикулярный поверхности).
- Если нормаль треугольника направлена от камеры (т.е. обратная сторона полигона), этот треугольник считается невидимым и исключается из рендеринга.

Отсев

10-10

-Rasterization stage. Face Culling

Rasterization stage. Face Culling

Face culting (исключния грания) — это бълсе общий терник, который описывант процесс изслючения какил-либо (например, обратных дии ищевых) граний (политоном) обместа из рекиренита. ВакИкс силіпе (исключение обратных граний) — это техника, котора исключения выреднения задине (обратных) граний трёмиярых объектов. Эти грами считаются изелдивными для аритиля, так как они заповальныя в потременоленного гамином стоюм.

- Тріїхмерные объекты обычно состоят из полигонов (чаще всего треугольнеков), которые часто рассматриваются как однонаправлен
- помероности.

   Кумпий темпольные имеет могиле. (выгото петовыписности.)
- Каждый треугольник имеет нормаль (вектор, перпендикулярный повериности).
- Если нормаль треугольника направлена от камеры (т.е. обратная ст полигона), этот треугольник считается невидимым и исключается и

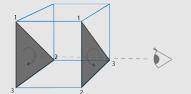




Рис. 4: Face culling: для куба, состоящего из треугольников (слева) и применение в игре The sims (справа)

 Быковских Д.А.
 Отсев
 19.10.2024
 6 / 10

## Pixel stage. Occlusion Culling

Отсев по окклюзии

Этот метод отсечения удаляет из рендеринга объекты, которые перекрыты другими объектами и полностью скрыты от камеры. Например, если за зданием находится дерево, и здание полностью его закрывает, дерево можно исключить из рендеринга.

Occlusion Culling работает с учетом геометрии сцены, рассчитывая, какие объекты скрыты за другими.

Пример.

Стоя перед зданием, камера не увидит объекты, находящиеся за ним. Тогда можно не тратить вычислительные ресурсы на отрисовку этих объектов, так как они не повлияют на кадр.

Отсев

Pixel stage. Occlusion Culling

Pixel stage. Occlusion Culling

терекрыты другими объектами и полностью окрыты от камеры Например, если за зданием находится дерево, и здание полностью е вакрывает, дерево можно исключить из рендеринга Occlusion Culling работает с учетом геометрии сцены, рассчитывая чакие объекты скрыты за другими.

Стоя перед зданием, камера не увидит объекты, находящиеся за них

Тогда можно не тратить вычислительные ресурсы на отрисовку этих объектов, так как они не повлияют на кадо



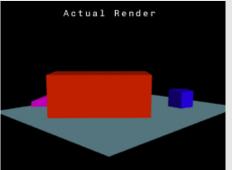


Рис. 5: Occlusion culling: пример сцены (слева) и результат работы (справа)

# Hierarchical Culling

#### Иерархический отсев

Hierarchical Culling — оптимизация рендеринга путём исключения невидимых объектов на основе их положения и иерархической структуры.

#### Основные этапы:

- Иерархическая структура: Объекты группируются в древовидную структуру (например, Bounding Volume Hierarchy, BVH).
- Bounding Volume: Каждая группа объектов оборачивается в "объём"(сферу или AABB), который проверяется на пересечение с camera frustum камеры.
- Рекурсивный отсев: Если объём не пересекается с frustum, вся группа объектов исключается. Если пересекается — проверяются дочерние объекты.

#### Примечание.

AABB (Axis-Aligned Bounding Box) — это прямоугольный ограничивающий объём, выровненный по осям координат.

Отсев

—Hierarchical Culling

rchical Culling

Hierarchical Culling — оптимизация рендерянга путём исключеневидимых объектов на основе их положения и иерархической структуры.

- Иерархическая структура: Объекты группируются в древовида структуру (например, Bounding Volume Hierarchy, BVH).
- Вounding Volume: Каждая группа объектов оборачивается в "объём" (сферу или ААВВ), который проверяется на пересечен.
  - Рекурсивный отсея: Если объём не пересекается с frustum, аст группа объектов исключается. Если пересекается — проверяю дочерние объекты.

Примечание. AABB (Axis-Aligned Bounding Box) — это примоугольный

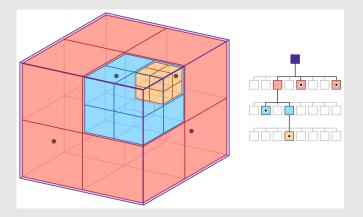


Рис. 6: Визуализация схемы пространственного разделения и структура октодерева (Octree)

Быковских Д.А. Отсев 19.10.2024 8 / 1

## Level of Detail (LOD)

Уровень детализации

Level of Detail (уровень детализации) не является прямым видом отсечения, хотя часто используется вместе с отсевом для оптимизации рендеринга.

LOD (Level of Detail) — это техника, при которой объекты рендерятся с меньшей детализацией, если они находятся далеко от камеры. Таким образом, уменьшается количество полигонов, обрабатываемых для удалённых объектов, сохраняя ресурсы.

Примечание:

Level of Development (уровень разработки) — это термин, используемый в архитектуре и строительстве, особенно в контексте информационного моделирования зданий (Building Information Modeling, BIM). Он описывает степень проработки и детализации объектов модели в различных стадиях проектирования и строительства.

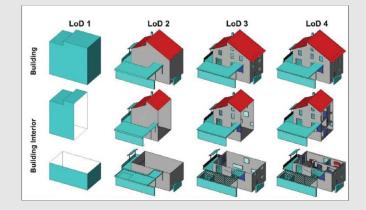
Mipmap (Multum In Parvo, Многое в малом) представляет собой предварительно созданный набор (иерархию) изображений, где каждое последующее изображение в этом наборе имеет размер в половину (или в другой пропорции) меньший, чем предыдущее.

Быковских Д.А 19.10.2024 9 / 10 Отсев

Level of Detail (LOD)

меньшей детализацией, если они находятся далеко от камеры. Таким образом, уменьшается количество полигонов, обрабатываемых для

> Level of Development (удовень разработки) — это термен, использивный в ополентила и сторитальства, особанно в ирилиста информационного едоклирования зданий (Building Information Modeling, BIM). Он описывает степен



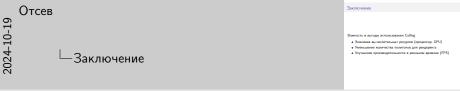
Puc. 7: Different levels of detail (LoD) for buildings. Source: Karlsruhe Institute of Technology (KIT), CityGML 2.0 Encoding standard

#### Заключение

Быковских Д.А

#### Важность и выгоды использования Culling

- Экономия вычислительных ресурсов (процессор, GPU)
- Уменьшение количества полигонов для рендеринга
- Улучшение производительности в реальном времени (FPS)



Оптимизация в движках.

Komпaния Umbra Software была основана в 2006 году в Финляндии.

Её цель — разработка инструментов для оптимизации графики в реальном времени.

Umbra — коммерческая технология, разработанная для оптимизации рендеринга в реальном времени с акцентом на отсев (culling) невидимых объектов в сложных 3D-сценах.

Начиная с 2011 г., обновленная версия принесла значительные улучшения, включая поддержку огромных открытых миров.

Технология стала широко использоваться в популярных игровых движках, таких как Unity и Unreal Engine.

Сегодня Umbra используется в современных играх, таких как The Witcher 3, Call of Duty, и Assassin's Creed и другие.

19.10.2024

10 / 10