

Санкт-Петербургский государственный университет

Кафедра системного программирования

Группа 19.Б08-мм

Мосягин Олег Сергеевич

Реализация дополнительных функций в системе симуляции приминания травы игрового движка Saber3D

Отчёт по учебной практике
в форме «Производственное задание»

Научный руководитель:
доцент кафедры системного программирования, к.т.н. Ю.В. Литвинов

Консультант:
программист компьютерной графики ООО «Сабер Интерактив СГС» В.А. Гурьев

Санкт-Петербург
2022

Оглавление

1. Введение	3
2. Постановка задачи	6
3. Обзор	7
3.1. Игровые движки	7
3.2. Материалы в интернете	7
3.3. Вывод	10
4. Реализация	11
4.1. Требования	11
4.2. Построение текстуры	12
4.3. Применение воздействий к траве	13
5. Апробация	15
6. Заключение	16
Список литературы	17

1. Введение

С ростом вычислительных мощностей компьютеров растет и уровень компьютерной графики в играх. Рендеринг травы не стал исключением: если в начале 21 века даже в самых крупных проектах игроки видели ландшафт с натянутой на него текстурой растительности (рисунок 1 ¹), то сейчас уже выходят игры с растениями, представленными высокополигональными моделями (рисунок 2 ²). В последнее время данный тренд заключается в движении графики в сторону интерактивности: сейчас уже существуют игры, в которых трава взаимодействует с игроком и отклоняется от него. Анимированная трава делает игру более реалистичной, а поэтому данный эффект набирает популярность в современных проектах, несмотря на довольно высокую стоимость с точки зрения производительности.



Рис. 1: Grand Theft Auto III. Год выхода на персональных компьютерах: 2002.

¹https://media.moddb.com/images/mods/1/17/16536/gta3_2011-10-11_23-28-37-96.jpg (accessed: 11.12.2021)

²<https://www.rockstargames.com/reddeadredemption2/ru/screens?id=21> (accessed: 11.12.2021)



Рис. 2: Red Dead Redemption 2. Год выхода на персональных компьютерах: 2019.

Saber3D – это игровой движок, разрабатываемый компанией Saber Interactive [9]. На данном движке, согласно информации [10] в Википедии, уже выпущено множество игр (например, World War Z) и разрабатываются новые.

В данный момент в Saber3D не поддерживается достаточная функциональность интерактивной травы. Для точной и удобной настройки растительность должна реагировать на объекты четырех разных форм: сфера, бокс (от англ. box, прямоугольный параллелепипед), усеченный цилиндр, капсула (усеченный цилиндр с полусферами на концах). В данный момент поддерживаются бокс и сфера, а корректно обрабатываются только сфера и бокс без вращения.

Существует два основных подхода к созданию интерактивной травы. Первый подразумевает обработку каждого объекта, влияющего на траву, для каждой вершины травы. Вторым методом используется текстура, в каждый пиксель которой записывается информация об объектах над соответствующей ему точкой земли. Трава проминается по информации из этой текстуры на этапе отрисовки растительности. Вторым

подход выигрывает у первого по производительности при большем количестве вершин, хоть и является менее гибким. По данной причине в Saber3D используется подход с текстурой.

Таким образом, необходимо добавить новую функциональность в систему симуляции приминания травы движка Saber3D. Тема практики была предложена на работе в компании.

2. Постановка задачи

Целью работы является доработка системы симуляции проминания травы в движке Saber3D. Для её выполнения были поставлены следующие задачи.

- Выполнить обзор существующих решений для создания интерактивной травы.
- Реализовать дополнительную функциональность системы проминания травы движка Saber3D.
- Выполнить апробацию реализованной функциональности.

3. Обзор

3.1. Игровые движки

Для изучения уже реализованных инструментов для создания эффекта проминания травы был проведен обзор таких возможностей в основных игровых движках.

- В движке Unreal Engine [13] не найдено инструментов для настройки проминания травы. Однако, средствами данного движка можно реализовать эффект проминания травы от воздействующих объектов.
- В движке Unity [12] не найдено функций, направленных на создание интерактивно проминающейся травы. Но возможность создания такой травы присутствует. Например, для Unity был реализован пакет для настройки интерактивной травы [4]. Данный пакет не подходит для целей практики, так как работает с проприетарным движком Unity, а также в нем не хватает таких возможностей, как обработки объектов различных форм (поддерживаются только сферы).
- В движке CryEngine [2] есть инструменты для настройки проминания травы. Но эта функциональность не подходит для интеграции в Saber3D, так как это не позволяет лицензия CryEngine, а также не найдена возможность различать воздействующие объекты разных типов.
- В движке OGRE [5] не найдено возможностей настраивать проминание травы. Данный эффект тоже можно реализовать для OGRE, аналогично Unity.

3.2. Материалы в интернете

Для поиска существующих решений использовался запрос «interactive grass» в поисковой системе Google и запросы «interactive grass»,

«interactive grass rendering» в Google Scholar. Было найдено множество статей с описанием систем для создания интерактивной травы.

3.2.1. Статья «Creating Interactive Grass in Unreal Engine 4»

В статье «Creating Interactive Grass in Unreal Engine 4» [3] описывается создание проминающей от персонажа травы средствами Unreal Engine. В данной статье предлагалось создать текстуру для записи информации об объектах для взаимодействия с травой. Система настраивается таким образом, чтобы игрок с определенной частотой создавал частицы в своей текущей позиции, которые бы записывали направления нагибания травы в данную текстуру. Так как вектор направления может иметь отрицательные координаты, перед записью и после чтения необходимо преобразовывать вектор так, чтобы нулевое значение в текстуре соответствовало минимальному значению вектора. Пиксели текстуры, не затронутые частицами, заполняются вектором, соответствующим нулевому направлению. При отрисовке травы направление читается из текстуры, и в соответствии с ним поворачивается трава.

3.2.2. Статья «Responsive Real-Time Grass Rendering for General 3D Scenes»

Статья «Responsive Real-Time Grass Rendering for General 3D Scenes» [8] описывает систему интерактивной травы, поддерживающую воздействия от ветра и от объектов формы сферы. Для представления формы травы используются три вершины. Данные вершины преобразуются под действием сил. После строится стебель травы в тесселяционном шейдере [1]. В статье предлагается использовать для этого квадратичную кривую Безье [1]. Подход с генерацией травы после расчета анимации может давать большой контроль над анимацией и степенью детализации, однако, он накладывает серьезные ограничения на форму травы.

3.2.3. Статья «Simulation and Rendering for Millions of Grass Blades»

Статья «Simulation and Rendering for Millions of Grass Blades» [11] рассказывает о создании системы травы, реагирующей на воздействия объектов. Данная статья предлагает рассчитывать пересечения каждой вершины травы с объектами, влияющими на траву. В статье используется разделение всей травы на небольшие блоки, которые активируются при попадании в них воздействующих на траву объектов. Данный подход не позволяет использовать большое количество вершин для представления травы из-за больших временных издержек на пересечение всех вершин травы с воздействующими объектами.

3.2.4. Статья «Interactive Grass Rendering Using Real-Time Tessellation»

Статья «Interactive Grass Rendering Using Real-Time Tessellation» [7] рассказывает о создании инструментов для вывода интерактивной травы. Для задания воздействий от объектов, как и в статье «Creating Interactive Grass in Unreal Engine 4», используется карта направлений. Геометрия травы генерируется в тесселяционном шейдере, аналогично статье «Responsive Real-Time Grass Rendering for General 3D Scenes».

3.2.5. Статья «Generation and Rendering of Interactive Ground Vegetation for Real-Time Testing and Validation of Computer Vision Algorithms»

Статья «Generation and Rendering of Interactive Ground Vegetation for Real-Time Testing and Validation of Computer Vision Algorithms» [6] тоже рассказывает о системе рендеринга травы, поддерживающей анимацию ветра и взаимодействия с объектами. В статье описывается довольно сложный процесс пересечений. Трава разбивается на кластеры, объекты организуются в октодереву [1].

3.3. Вывод

Таким образом, не найдено открытой системы, которая бы подошла для интеграции в движок Saber3D. Основным недостатком существующих решений стала нехватка нужных параметров для настройки взаимодействия и анимации. Некоторые решения также обладают высокой вычислительной сложностью для большого количества взаимодействующих объектов и вершин травы или накладывают ограничения на форму травы. Часть из рассмотренных систем не подходит для интеграции в Saber3D из-за ориентированности подходов под проприетарные технологии.

В итоге обзора было выявлено, что подход из статьи «Creating Interactive Grass in Unreal Engine 4» с текстурой, хранящей информацию об объектах, влияющих на траву, используется для систем интерактивной травы. Он также подходит и для целей практики. При этом использование системы частиц для с целью поддержания истории перемещений игрока делает систему перегруженной, так как уступает в простоте плавному затуханию значений, записанных в текстуру.

4. Реализация

4.1. Требования

Реализовывать дополнительную функциональность необходимо согласно установленным требованиям.

- Должна быть реализована поддержка объектов, влияющих на траву, формы сферы, бокса, цилиндра, капсулы.
- Должна присутствовать возможность настраивать объекты при помощи следующих параметров.

Флаг препятствия – препятствия прогибают траву до уровня объекта над данной травой, не препятствия нагибают траву только при достаточной скорости в направлении скорости.

Сила объекта – множитель для усилия, применяемого от объекта.

Длина промежутка затухания – данный параметр контролирует размер зоны увеличения влияния объекта на его границе.

- Необходимо реализовать возможность настраивать параметры для каждого типа растения.

Скорость симуляции – влияет на время, за которое трава возвращается в исходное положение.

Коэффициент раскачивания – влияет на то, как интенсивно трава будет раскачиваться при влиянии объекта, влияние которого зависит от скорости (после препятствий трава должна игнорировать данную настройку и плавно подниматься так, как будто данный коэффициент 0).

Коэффициент амплитуды – множитель для усилия, применяемого к данному растению (данный коэффициент не должен применяться к воздействиям от объектов-препятствий).

Случайность разлета стеблей травы – контролирует то, насколько по-разному колеблются стебли данного типа травы (при

значении 0 все листья и стебли растения должны колебаться в унисон, но по-разному для разных растений).

Маска влияния – текстура, позволяющая регулировать усилие, применяемое к разным частям растения.

- Должна быть реализована поддержка проминания травы, в результате которого трава не будет восстанавливаться в исходное состояние.

4.2. Построение текстуры

Первым этапом в системе симуляции травы является построение двух текстур с информацией об объектах, влияющих на траву, и об истории положений этих объектов. Для этого информация о близких к камере объектах копируется в память видеокарты. После этого запускается вычислительный шейдер [1], строящий данные текстуры на основе этой информации и таких же текстур для прошлого кадра (для использования текстур прошлого кадра создано два набора текстур, которые по очереди используются для данного кадра). Если над точкой поверхности достаточно близко присутствует объект для взаимодействия с травой, в первую текстуру пишется расстояние от поверхности до него, двумерное направление усилия единичной длины (для препятствий это направление от центра, для остальных это направление движения), умноженное на силу объекта, информация о том, насколько давно произошло взаимодействие (в данном случае пишется значение 1, означающее только что произошедшее взаимодействие), флаг препятствия. Во вторую текстуру пишется направление взаимодействия, его сила и высота объекта над поверхностью. Первая текстура предназначена для учета временных воздействий на траву, а вторая для учета тех воздействий, после которых растительность не восстанавливается в исходное положение. После сбора информации об объектах в текстуру происходит соединение текстур (с поправкой на разные положения камер в текущем и предыдущем кадре), при этом процессе значения первой текстуры прошлого кадра уменьшаются.

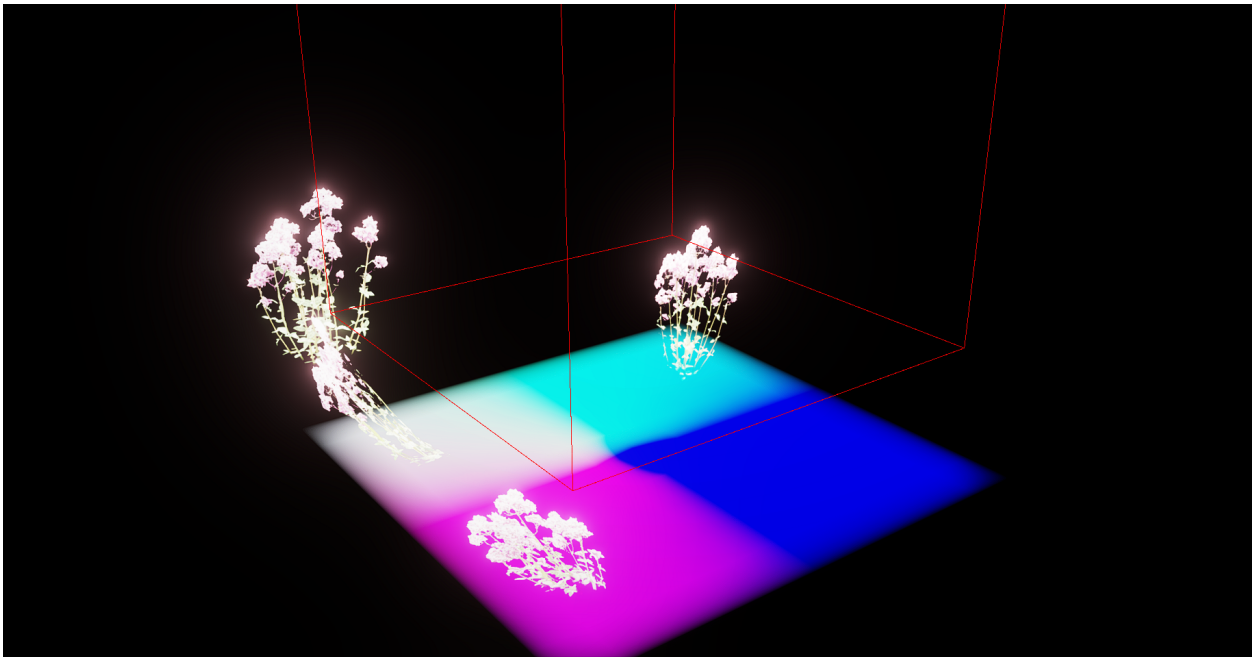


Рис. 3: Пример работы проминания травы.

Расстояние до объектов рассчитывается трассировкой лучей, направленных вверх, из точек на земле. Вычислительный шейдер получает описание геометрии объектов через размеры объектов, положение и ориентацию (для бокса, цилиндра и капсулы), заданную кватернионом. Для учета ориентации объекта преобразуется не сам объект, а луч обратным кватернионом (в системе координат с центром позиции объекта). Делается это с целью более быстрого и простого кода пересечения луча и объекта. На этом же этапе происходит учет длины зоны затухания влияющего объекта путем корректирования силы воздействия.

4.3. Применение воздействий к траве

Заключительным этапом данной системы является применение воздействий от объектов к растительности. Для этого на этапе вершинного шейдера [1] читается информация из текстур, построенных на прошлом этапе, и положение вершин травы преобразуется в соответствии с настройками данного типа растения и информацией из текстур. При расчете анимации раскачивания или плавного подъема травы (зависит от коэффициента раскачивания и типа взаимодействующего объекта)

используются настройки: скорость симуляции (корректирует информацию о том, насколько давно было взаимодействие), случайность разлета стеблей (регулирует то, насколько будут отличаться случайные отклонения стеблей, от заданного в текстуре). Итоговое преобразование умножается на значение из маски влияния и на коэффициент амплитуды.

На рисунке 3 демонстрируется пример работы проминания травы для объекта-препятствия. На земле визуализированы три канала первой текстуры с информацией об объектах: в красном и зеленом каналах содержится информация о силе и направлении воздействия, в синем канале хранится информация о высоте объекта над поверхностью. Четвертый канал текстуры с информацией о флаге препятствия и о том, насколько давно произошло взаимодействие, не показан на рисунке 3.

5. Апробация

Для того, чтобы убедиться в корректности работы системы проминания травы с реализованными дополнениями, была проведена ее апробация. Для этого тестировалось проминание травы сразу на нескольких растениях. При этом для каждого типа травы, участвующего в апробации, было проведено несколько ручных тестов с различными настройками растений и настройками воздействующих объектов.

6. Заключение

На текущий момент выполнены следующие задачи.

- Выполнен обзор существующих решений.
- Реализована дополнительная функциональность в соответствии с требованиями.
- Выполнена апробация.

Исходный код закрыт.

Список литературы

- [1] Akenine-Moller T. Haines E. Hoffman N. Real-Time Rendering, Fourth Edition. — A K Peters/CRC Press, 2018. — ISBN: [9781351816144](#).
- [2] CRYENGINE V Manual - CRYENGINE V Manual - Documentation. — URL: <https://docs.cryengine.com/> (online; accessed: 2022-04-09).
- [3] Creating Interactive Grass in Unreal Engine 4 | raywenderlich.com. — URL: <https://www.raywenderlich.com/6314-creating-interactive-grass-in-unreal-engine-4> (online; accessed: 2021-12-08).
- [4] Elringus/GrassBending: A replacement for Unity's terrain grass shader with alpha blended rendering and touch bending effect. — URL: <https://github.com/Elringus/GrassBending> (online; accessed: 2022-04-06).
- [5] Features | OGRE - Open Source 3D Graphics Engine. — URL: <https://www.ogre3d.org/about/features> (online; accessed: 2022-04-16).
- [6] Generation and Rendering of Interactive Ground Vegetation for Real-Time Testing and Validation of Computer Vision Algorithms. — URL: <https://raco.cat/index.php/ELCVIA/article/view/280907/368571> (online; accessed: 2022-03-27).
- [7] Interactive Grass Rendering Using Real-Time Tessellation. — URL: http://wscg.zcu.cz/WSCG2013/!_2013-WSCG-Full-proceedings.pdf (online; accessed: 2022-02-06).
- [8] Responsive Real-Time Grass Rendering for General 3D Scenes. — URL: <https://www.cg.tuwien.ac.at/research/publications/2017/JAHRMANN-2017-RRTG/JAHRMANN-2017-RRTG-draft.pdf> (online; accessed: 2022-02-20).

- [9] Saber Interactive | Company. — URL: <https://saber3d.com/company/> (online; accessed: 2021-12-05).
- [10] Saber3D — Википедия. — URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Saber3D> (online; accessed: 2021-12-11).
- [11] Simulation and Rendering for Millions of Grass Blades. — URL: <http://developer.amd.com/wordpress/media/2012/10/i3dGrassFINAL.pdf> (online; accessed: 2022-03-13).
- [12] Unity - Manual: Unity User Manual 2020.3 (LTS). — URL: <https://docs.unity3d.com/Manual/index.html> (online; accessed: 2022-04-06).
- [13] Unreal Engine – Wikipedia. — URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Unreal_Engine (online; accessed: 2021-12-08).