

Оглавление

Введение	2
1 Аналитическая часть	3
1.1 Волновой процесс	3
1.2 Методы визуализации волн	4
1.2.1 Процедурные методы	4
1.2.2 Методы на основе частиц	5
1.2.3 Методы поля высот	5
1.3 Модели волны и предмета	6
1.3.1 Модель волны	6
1.3.2 Модель предмета	6
1.4 Анализ алгоритмов удаления невидимых линий и поверхностей	6
1.5 Анализ методов закрашивания	6
1.6 Модель освещения	6
2 Конструкторская часть	7
3 Технологическая часть	8
4 Исследовательская часть	9
Заключение	10
Литература	11

Введение

Одними из областей применения компьютерной графики являются фильмы и компьютерные игры. В данных отраслях компьютерная графика решает задачи представления объектов и процессов реальной жизни. Способ визуализации предметов и действий оценивают по таким характеристикам, как реалистичность результата и время выполнения. Для повышения указанных параметров создаются новые алгоритмы и методы моделирования.

Представление жидкости - одна из наиболее распространенных моделей, которую реализуют в дизайне компьютерных игр и кинематографических спецэффектах: моделирование водоёмов, процессов смешивания и движения водных потоков [1]. Важным физическим явлением для создания водоемов является образование волн на поверхности воды [2]. Для получения более точного изображения визуализируют круговые волны, наложение волн, их прозрачность.

Поверхность воды рассматривают в системе с окружающим миром: при контакте с предметами и препятствиями. Особую сложность для моделирования представляют волны, образованные при движении объектов по воде [3].

Цель работы - разработать программное обеспечение, которое представляет визуализацию волн, образованных при взаимодействии поверхности воды с твердым телом.

Для достижения поставленной цели требуется решить следующие задачи:

- проанализировать методы и алгоритмы, моделирующие волновую поверхность и предмет на воде;
- выбрать алгоритмы и структуры данных для визуализации описанной выше системы;
- реализовать выбранные алгоритмы моделирования;
- провести сравнение физических характеристик разработанной модели и реальных волн, взаимодействующих с объектом.

1 Аналитическая часть

1.1 Волновой процесс

При каком-либо внешнем воздействии на поверхность воды (ветер, движение корабля, падение камня) частицы жидкости опускаются вниз, и водная поверхность становится вогнутой. Сила тяжести и/или сила поверхностного натяжения стремятся вернуть частицы в состояние равновесия. При этом частицы воды переходят это положение, и поверхность воды становится выпуклой. Движение передается от одних частиц к другим. Так на водной поверхности появляются волны. Волновой процесс показан на рисунке 1.1.

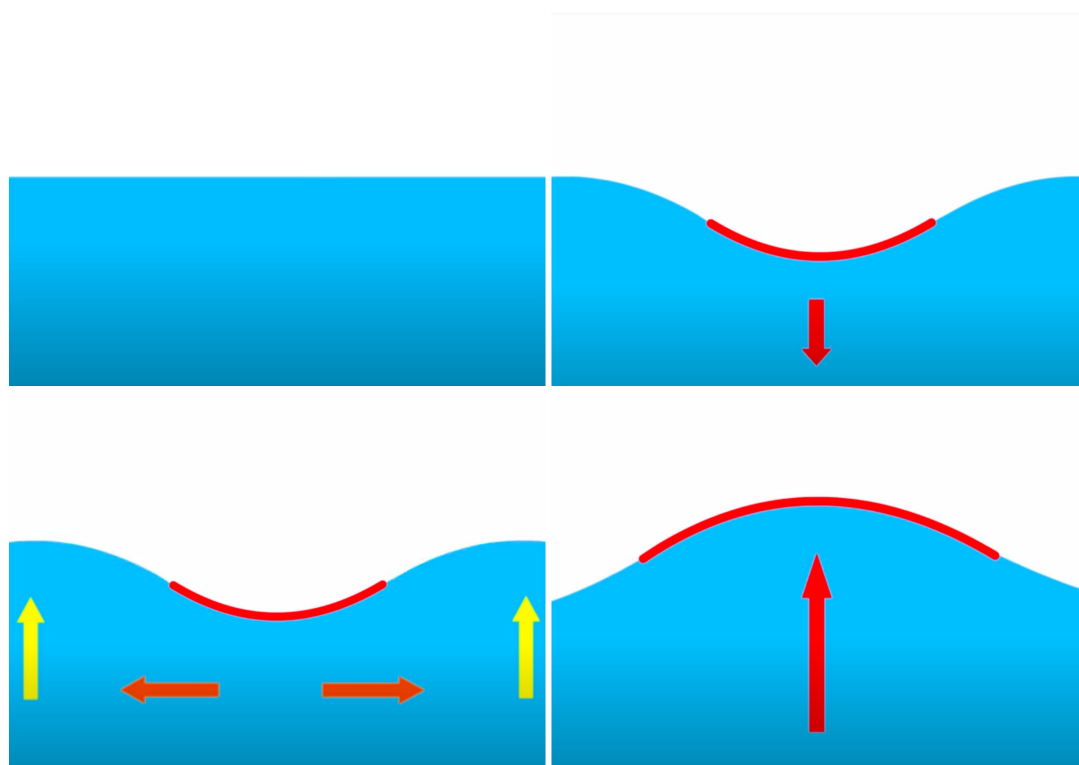


Рис. 1.1: Процесс образования волны.

Если восстановить равновесие стремится сила тяжести, то волны называются гравитационными, если сила поверхностного натяжения - капиллярными. Когда силы сопоставимы, волны называют капиллярно-гравитационными. Механизм образования волн подчиняется закону дисперсии. Дисперсия волн - это зависимость скорости распространения волн от их частоты. Именно дисперсия создает сложную картину волн, образованных телом в воде.

В зависимости от требований к результату моделирования выбирается определенный метод визуализации. Так как в центре работы диспергирующие волны, для выполнения поставленных задач необходим такой метод моделирования, при котором выполняется дисперсионное соотношение, т. е. корректно обрабатывается взаимодействие волны и объекта.

1.2 Методы визуализации волн

Существует три группы методов моделирования волн:

- процедурные;
- методы на основе частиц;
- методы поля высот.

1.2.1 Процедурные методы

В процедурных методах для представления движения волн используются периодические функции. В ранних работах в качестве такой функции выступала циклоида [4], далее стали использовать синусоиду [5]. Наложение периодических функций, изменяющихся во времени, создает волновую поверхность. Точка на такой поверхности описывает замкнутую круговую орбиту. Для создания различных волновых эффектов изменяют параметры уравнений орбиты, например, радиус, фазовый угол.

Процедурные методы чаще всего используют при визуализации масштабных волн океана. Преимуществом процедурного моделирования является возможность точно контролировать движение волнового спектра. Недостаток данных методов - сложность получения правильного взаимодействия волн с погруженными телами и границами.

Выделяют следующие процедурные методы:

- метод, основанный на модели Герстнера [4]; данный метод основан на решении уравнения Эйлера для гравитационных волн. В качестве периодической функции используется трохоида.

- спектральные подходы [6][5].

1.2.2 Методы на основе частиц

В следующих методах моделирования волновой поверхности вода представляется как система частиц. Частицы движутся в соответствии с законами механики и обладают физическими величинами, т. е. задана функция. В определенный момент времени при помощи интерполяции можно получить значение этой функции в произвольной точке.

Для создания реалистичного изображения необходимо большое количество частиц, поэтому данные методы используются при визуализации небольшого количества воды.

Наиболее распространенные методы на основе частиц:

- гидродинамика сглаженных частиц (SPH) [8];
- полунеявный метод движущихся частиц (MPS) [9].

Комбинация методов полей высот и методов, основанных на частицах, позволяет обходить недостатки отдельных и создавать различные эффекты [10][11].

1.2.3 Методы поля высот

В случаях, когда визуализировать необходимо только поверхность воды, а не весь объем водоема, рассматривают волновое уравнение. Волновая поверхность представляется в виде двумерной функции - поля высот [7].

Такое упрощение обладает важным преимуществом - снижением вычислительных затрат, что означает повышение скорости моделирования. Кроме того методы поля высот гибко обрабатывают препятствия. Но при такой модели в каждой точке поверхности известно только одно значение высоты, что означает одинаковую скорость распространения всех волн, так, невозможно создать обрушивающиеся волны.

1.3 Модели волны и предмета

1.3.1 Модель волны

1.3.2 Модель предмета

В центре рассматриваемой системы движения диспергирующих волн, которые образованы в результате контакта поверхности воды с предметом. Для правильной обработки отражения волн от твердых тел важны параметры только той части предмета, которая касается воды. В связи с этим нет необходимости рассматривать объект детально. Поэтому для его представления требуется такой параметр, как площадь соприкосновения.

1.4 Анализ алгоритмов удаления невидимых линий и поверхностей

Сравню алгоритмы удаления невидимых линий и поверхностей по критериям. В выводе подраздела выберу лучший.

1.5 Анализ методов закрашивания

Сравню методы закрашивания по параметрам. В выводе подраздела выберу победителя.

1.6 Модель освещения

Опишу модели освещения. Выберу подходящую.
В конце подытожу все.

2 Конструкторская часть

Подробно рассмотрю выбранный алгоритм. Опишу структуры данных.

3 Технологическая часть

Опишу детали реализации и тестирования.

4 Исследовательская часть

Приведу примеры работы. Сравню физические характеристики разработанной модели и реальных волн, взаимодействующих с объектом.

Заключение

Литература

- [1] Efficient Simulation of Large Bodies of Water by Coupling Two and Three Dimensional Techniques [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://graphics.pixar.com/library/TwoDThreeDWaterSim/paper.pdf> (дата обращения 17.09.2021).
- [2] A Survey of Ocean Simulation and Rendering Techniques in Computer Graphics [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00587242> (дата обращения 17.09.2021).
- [3] Dispersion Kernels for Water Wave Simulation [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://graphics.pixar.com/library/DispersionKernels/paper.pdf> (дата обращения: 12.09.2021).
- [4] A Simple Model of Ocean Waves [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.iro.umontreal.ca/poulin/fournier/papers/p75-fournier.pdf> (дата обращения: 23.09.2021).
- [5] A Survey of Ocean Simulation and Rendering Techniques in Computer Graphics [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.math.tecnico.ulisboa.pt/~jnatar/ficcao/ocean.pdf> (дата обращения: 23.09.2021).
- [6] Interactive Water Surfaces [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://people.cs.clemson.edu/jtessen/reports/papers_files/Interactive_Water_Surfaces.pdf (дата обращения: 23.09.2021).
- [7] Rapid, Stable Fluid Dynamics for Computer Graphics [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/220721601_Stable_Fluid_Dynamics_for_Computer_Graphics (дата обращения: 23.09.2021).
- [8] SPH Fluids in Computer Graphics [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/286443419_SPH_Fluids_in_Computer_Graphics_Eurographics_State-of-the-art_report (дата обращения: 23.09.2021).

- [9] Particle-Based Simulation of Fluids [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/2924177_Particle-Based_Simulation_of_Fluids (дата обращения: 23.09.2021).
- [10] SPH Based Shallow Water Simulation [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://matthias-research.github.io/pages/publications/SPHShallow.pdf> (дата обращения: 23.09.2021).
- [11] Real-time Simulation of Large Bodies of Water with Small Scale Details [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://matthias-research.github.io/pages/publications/hfFluid.pdf> (дата обращения: 23.09.2021).