Politechnika Śląska

PROJEKT INŻYNIERSKI

Renderowanie terenu metodą ray marching

Aleksander MICKIEWICZ
Nr albumu: 293830

Kierunek: Informatyka
Specjalność: Grafika komputerowa

PROWADZĄCY PRACĘ
Dr inż Michał Staniszewski
KATEDRA
Wydział Automatyki, Elektroniki i Informatyki

Gliwice 2022

Tytuł pracy

Renderowanie terenu metodą ray marchingRenderowanie terenu metodą ray marching

Streszczenie

(Streszczenie pracy – odpowiednie pole w systemie APD powinno zawierać kopię tego streszczenia.)

Słowa kluczowe

Grafika komputerowa, ray marching, renderowanie

Thesis title

Rendering terrain using ray marching methodRendering terrain using ray marching method

Abstract

(Thesis abstract – to be copied into an appropriate field during an electronic submission – in English.)

Key words

Computer graphics, ray marching, rendering

Spis treści

Rozdział 1

Wstęp

Przedmiotem niniejszej pracy jest przedstawienie metody renderowania metodą ray marching dla problemu renderowania trójwymiarowego terenu. Ray marching jest to technika generowania obrazów dla dwuwymiarowych oraz trójwymiarowych scen. Działanie metody ray marching, podobnie do metody ray tracing, polega na odnalezieniu przecięcia wiązek światła wraz z renderowaną sceną. Rozwiązania oparte o wiązki światła dość dobrze odwzorowują rzeczywistość dzięki czemu można w dość prosty sposób uzyskać fotorealistyczny obraz. Techniki tego typu świetnie radzą sobie z problemami takimi jak odbicia czy załamania światła, których efekt znacznie trudniej jest osiągnąć w rozwiązaniach opartych o rasteryzacje trójkątów. Największą wadą tego rodzaju renderowania jest ich złożoność obliczeniowa. w najprostszym przypadku z kamery wysyłana jest jedna wiązka odpowiadająca każdemu pikselowi, dla której trzeba obliczyć przecięcia z całą sceną. Czas działania znacząco pogarsza się wraz z implementacją cieniowania, odbić światła, przezroczystości, załamania światła, efektów wolumetrycznych i innych działań poprawiających jakość oraz realizm tworzonego obrazu. Uwzględniając ilość wykonywanych obliczeń, metody renderowania oparte o wiązki światła nie nadają się do renderowania obrazów w czasie rzeczywistym, przy użyciu dostępnego obecnie sprzętu. Rozwiązania tego typu idealnie nadają się jednak do zastosowań, w których nie ma takich ograniczeń czasowych jak np. obrazy czy filmy.

Technika ray tracing jest analitycznym rozwiązaniem problemu znalezienia przecięcia wiązki z powierzchnią. Oznacza to, że punkt przecięcia można uzyskać przez rozwiązanie wzoru matematycznego, opisującego to przecięcie. Pomimo istnienia analitycznych rozwiązań przecięć z niektórymi powierzchniami (np. z kulą, z trójkątem), brak jest rozwiązania pozwalającego na proste znalezienie przecięcia z dowolną powierzchnią.

Alternatywą dla metod analitycznych jest technika ray marching. Jest to numeryczna metoda estymacji przecięć wiązki światła z dowolną powierzchnią. Technika ta polega na sukcesywnym przesuwaniu wiązki światła o daną odległość do momentu przecięcia z powierzchnią Rozwiązanie to jest dość wolne oraz niedokładne, jednak

istnieją różnego rodzaje optymalizacje pozwalające poprawić dokładność oraz szybkość algorytmu (takie jak: sphere tracing, bounding spheres, itp.)

Celem pracy jest utworzenie aplikacji renderującej proceduralnie generowany teren. Użytkownik posiada możliwość poruszania kamerą oraz zmiany parametrów wpływających na generacje oraz renderowanie terenu.

W przedmiotowy zakresie pracy zostanie przedstawiona metoda proceduralnego generowania terenów, która może być wykorzystywana w obszarach związanych z tworzeniem filmów, gier komputerowych, animacji itp. Metoda ta zostanie zaimplementowana na karcie graficznej, w języku programowania GLSL (OpenGL Shading Language) jako jednostka cieniująca fragmentów. W pracy zostaną przedstawione graficzne wyniki zastosowania różnych algorytmów oraz ich parametrów. w dalszej części zostanie poddany analizie sposób działania wykorzystanych algorytmów.

Rozdział 2

[Analiza tematu]

- sformułowanie problemu
- osadzenie tematu w kontekście aktualnego stanu wiedzy (*state of the art*) o poruszanym problemie
- studia literaturowe [3, 4, 2, 1] - opis znanych rozwiązań (także opisanych naukowo, jeżeli problem jest poruszany w publikacjach naukowych), algorytmów,

Wzory

$$y = \frac{\partial x}{\partial t} \tag{2.1}$$

jak i pojedyncze symbole x i y składa się w trybie matematycznym.

Rozdział 3

Wymagania i narzędzia

- wymagania funkcjonalne i niefunkcjonalne
- przypadki użycia (diagramy UML) – dla prac, w których mają zastosowanie
- opis narzędzi, metod eksperymentalnych, metod modelowania itp.
- metodyka pracy nad projektowaniem i implementacją – dla prac, w których ma to zastosowanie

Rozdział 4

Specyfikacja zewnętrzna

4.1 Wymagania sprzętowe i programowe

Program wykorzystuje potok programowalny bilbioteki OpenGL oraz jednostki cieniujące napisane w języku GLSL w wersji 3.30, oznacza to, że system użytkownika musi posiadać kartę graficzną wspierającą OpenGL conajmniej w wersji 3.3. Dodatkowo program wykorzystuje następujące biblioteki, których kod źródłowy znajduje się wewnątrz projetu:

- GLAD
- GLFW
- GLM
- Dear ImGui

Projekt został skompilowany i przetestowany wykorzystując kompilator g++ w wersji 12.2.0 na systemie Linux. Kompilacja progamu odbywa się przy pomocy narzędzia CMake.

4.2 Sposób instalacji

4.2.1 System Linux

Przykład kompilacji programu został wykonany przy wykorzystaniu systememu Ubuntu 22.04. Pierwszym krokiem jest instalacja narzędzi takich jak program cmake, kompilator języka C i C++, itp. oraz instalacja wymaganych bibliotek. Do tego celu wykorzystane są następujące polecenia

```
1 sudo apt install cmake
2 sudo apt install build-essential
3 sudo apt install xorg-dev
```

```
sudo apt install git
```

Następnym krokiem jest pobranie repozytorium git projektu. Istotnym jest by pobrać repozytorium rekurencyjnie, gdyż dołączone biblioteki zostały dodane to repozytorium jako submoduły. Można tego dokonać poleceniem

```
git clone https://github.com/Rei-sen/raymarch-terrain --recursive
```

Alternatywnie, jeżeli repozytorium nie zostało pobrane rekurencyjnie można zastosować polecenia

```
git submodule init
```

a następnie

```
git submodule update
```

Ostatnim krokiem jest wygenerowanie plików reguł Makefile a następnie kompilacja projektu. Generacji plików reguł Makefile można dokonać wywołując następujące polecenie w głównym katalogu projektu

```
cmake -B build -S .
```

W celu kompilacji należy wykorzystać poniższe polecenie

```
cmake --build build
```

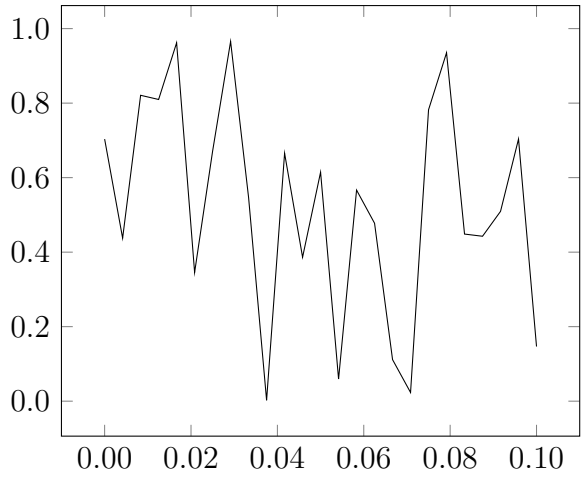
Końcowy plik wykonywalny o nazwie raymarch-terrain znajduje się w katalogu build.

4.2.2 System Windows

4.2.3 Sposób obsługi

Jeśli „Specyfikacja zewnętrzna”:

- wymagania sprzętowe i programowe
- sposób instalacji
- sposób aktywacji
- kategorie użytkowników
- sposób obsługi
- administracja systemem
- kwestie bezpieczeństwa



Rysunek 4.1: Podpis rysunku po rysunkiem.

- przykład działania
- scenariusze korzystania z systemu (ilustrowane zrzutami z ekranu lub generowanymi dokumentami)

Rozdział 5

[Właściwy dla kierunku – np. Specyfikacja wewnętrzna]

Jeśli „Specyfikacja wewnętrzna”:

- przedstawienie idei
- architektura systemu
- opis struktur danych (i organizacji baz danych)
- komponenty, moduły, biblioteki, przegląd ważniejszych klas (jeśli występują)
- przegląd ważniejszych algorytmów (jeśli występują)
- szczegóły implementacji wybranych fragmentów, zastosowane wzorce projektowe
- diagramy UML

Krótka wstawka kodu w linii tekstu jest możliwa, np. `int a;` (biblioteka listings). Dłuższe fragmenty lepiej jest umieszczać jako rysunek, np. kod na rys 5.1, a naprawdę długie fragmenty – w załączniku.

```
1  class test : public basic
2  {
3      public:
4        test (int a);
5        friend std::ostream operator<<(std::ostream & s,
6                                       const test & t);
7      protected:
8        int _a;
9
10 };
```

Rysunek 5.1: Pseudokod w listings.

Rozdział 6

Weryfikacja i walidacja

- sposób testowania w ramach pracy (np. odniesienie do modelu V)
- organizacja eksperymentów
- przypadki testowe zakres testowania (pełny/niepełny)
- wykryte i usunięte błędy
- opcjonalnie wyniki badań eksperymentalnych

Tabela 6.1: Nagłówek tabeli jest nad tabelą.

	metoda						
			alg. 3			alg. 4, $\gamma = 2$	
ζ	alg. 1	alg. 2	$\alpha = 1.5$	$\alpha = 2$	$\alpha = 3$	$\beta = 0.1$	$\beta = -0.1$
0	8.3250	1.45305	7.5791	14.8517	20.0028	1.16396	1.1365
5	0.6111	2.27126	6.9952	13.8560	18.6064	1.18659	1.1630
10	11.6126	2.69218	6.2520	12.5202	16.8278	1.23180	1.2045
15	0.5665	2.95046	5.7753	11.4588	15.4837	1.25131	1.2614
20	15.8728	3.07225	5.3071	10.3935	13.8738	1.25307	1.2217
25	0.9791	3.19034	5.4575	9.9533	13.0721	1.27104	1.2640
30	2.0228	3.27474	5.7461	9.7164	12.2637	1.33404	1.3209
35	13.4210	3.36086	6.6735	10.0442	12.0270	1.35385	1.3059
40	13.2226	3.36420	7.7248	10.4495	12.0379	1.34919	1.2768
45	12.8445	3.47436	8.5539	10.8552	12.2773	1.42303	1.4362
50	12.9245	3.58228	9.2702	11.2183	12.3990	1.40922	1.3724

Rozdział 7

Podsumowanie i wnioski

- uzyskane wyniki w świetle postawionych celów i zdefiniowanych wyżej wymagań
- kierunki ewentualnych danych prac (rozbudowa funkcjonalna …)
- problemy napotkane w trakcie pracy

Bibliografia

[1] Imię Nazwisko i Imię Nazwisko. *Tytuł strony internetowej*. 2021. URL: http://gdzies/w/internecie/internet.html (term. wiz. 30. 09. 2021).

[2] Imię Nazwisko, Imię Nazwisko i Imię Nazwisko. „Tytuł artykułu konferencyjnego". W: *Nazwa konferecji*. 2006, s. 5346–5349.

[3] Imię Nazwisko, Imię Nazwisko i Imię Nazwisko. „Tytuł artykułu w czasopiśmie". W: *Tytuł czasopisma* 157.8 (2016), s. 1092–1113.

[4] Imię Nazwisko, Imię Nazwisko i Imię Nazwisko. *Tytuł książki*. Warszawa: Wydawnictwo, 2017. ISBN: 83-204-3229-9-434.

Dodatki

Spis skrótów i symboli

DNA kwas deoksyrybonukleinowy (ang. *deoxyribonucleic acid*)

MVC model – widok – kontroler (ang. *model–view–controller*)

N liczebność zbioru danych

μ stopnień przyleżności do zbioru

$\mathbb{E}$ zbiór krawędzi grafu

$\mathcal{L}$ transformata Laplace'a

Źródła

Jeżeli w pracy konieczne jest umieszczenie długich fragmentów kodu źródłowego, należy je przenieść w to miejsce.

```
1 if (_nClusters < 1)
2    throw std::string ("unknown number of clusters");
3 if (_nIterations < 1 and _epsilon < 0)
4    throw std::string ("You should set a maximal number of
       iteration or minimal difference -- epsilon.");
5 if (_nIterations > 0 and _epsilon > 0)
6    throw std::string ("Both number of iterations and minimal
       epsilon set -- you should set either number of iterations
        or minimal epsilon.");
```

Lista dodatkowych plików, uzupełniających tekst pracy

W systemie do pracy dołączono dodatkowe pliki zawierające:

- źródła programu,
- dane testowe,
- film pokazujący działanie opracowanego oprogramowania lub zaprojektowanego i wykonanego urządzenia,
- itp.

Spis rysunków

Spis tabel