

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE I RAČUNARSTVA

DIPLOMSKI RAD br. 542

VIZUALIZACIJA DINAMIKE FLUIDA METODOM HIDRODINAMIKE ZAGLAĐUJUĆIH ČESTICA

Hrvoje Hemen

Zagreb, lipanj, 2024.

DIPLOMSKI ZADATAK br. 542

Pristupnik: **Hrvoje Hemen (0036523139)**
Studij: Računarstvo
Profil: Programsko inženjerstvo i informacijski sustavi
Mentor: prof. dr. sc. Krešimir Trontl

Zadatak: **Vizualizacija dinamike fluida metodom hidrodinamike zaglađujućih čestica**

Opis zadatka:

Računalne simulacije pretvaraju složeni fizikalni model definiran u kontinuiranoj domeni u diskretan oblik koji je moguće riješiti uporabom računala. Vizualizacija simulacije omogućava korisniku bolju percepciju i razumijevanje fizikalne pojave opisane simulacijom. Stoga je cilj ovog rada razvoj aplikacije za vizualizaciju dinamike fluida metodom hidrodinamike zaglađujućih čestica - SPH. U radu je potrebno analizirati fizikalne osnove dinamike fluida kao i osnovne karakteristike SPH metode. Upotrebom programskog jezika C# potrebno je vizualizirati ponašanje fluida u različitim realnim uvjetima.

Rok za predaju rada: 28. lipnja 2024.

Želim se zahvaliti mentoru Krešimiru Trontlu-

Sadržaj

1. Uvod	3
1.1. Cilj rada	3
1.2. Ukratko o radu	3
2. Tehnologije	4
2.1. C#	4
2.2. Unity	5
3. Teorijska podloga	6
3.1. pristupi računalnoj simulaciji fluida	6
3.1.1. Simulacije bazirane na česticama	6
3.1.2. Simulacije bazirane na 2D polju	7
3.2. SPH metoda	7
3.2.1. Općenito o metodi	7
3.2.2. Koraci simulacije	8
4. Programska implementacija	11
4.1. Osnove Unity okruženja	11
4.2. Osnove Unity fizičkog simulatora	11
4.3. Čestica	11
4.4. Gustoća	11
4.5. Pritisak	11
4.6. Viskoza	11
4.7. Rezultantna sila	11
Literatura	12

Sažetak	13
Abstract	14

1. Uvod

1.1. Cilj rada

Cilj ovog rada bio je napraviti realnu simulaciju dinamike fluida. Korištena metoda bila je metoda hidrodinamike zaglađujućih čestica (SPH). Inspiracija za ovaj rad bio je jedan YouTube video Sebastiana Laguea koji govori o simulaciji vode u Unityju.

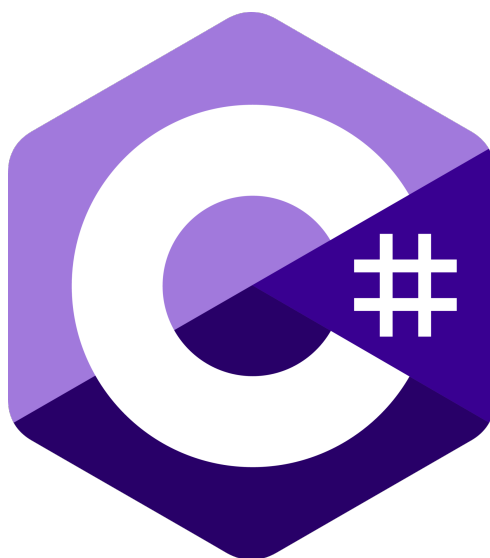
1.2. Ukratko o radu

U sklopu ovog rada obrađeno je sve potrebno za samostalnu izradu ovog rada uključujući i postavljanje razvojnog okruženja.

Rad je pisan u c# programskom jeziku u sklopu Unityja, te je za vizualizaciju korišten Unityjev dvodimenzionalni vizualizator.

2. Tehnologije

2.1. C#



Slika 2.1. C Sharp Logo [1]

C# je objektno orijentirani programski jezik visoke razine. Nastao je ranih 2000-ih zbog potrebe za objektno orijentiranim jezikom sintakse slične C jeziku. Najvažni ciljevi njegovog razvoja bili su jednostavnost, stroga tipiziranost, laka prijenosnost na različite operacijske sustave i mala potrošnja računalnih resursa.

Sintaksa je vrlo slična Javinoj, jer svaka naredba treba završiti sa točka-zarezom `;`. Također, dijelovi koda omeđeni su vitičastim zagradama, koje razdvajaju kod u Klase i Metode. Važna razlika C# i Jave je to što C# omogućava preopterećenje osnovnih operacija, dakle možemo reći klasi da kada upotrijebimo znak plus onda radi nešto drugo, a ne matematičko dodavanje.

2.2. Unity



Slika 2.2. Unity Logo [2]

Unity je razvojno okruženje i pogonski sklop za igre s mogućnosti razvoja 2D, 2.5D i 3D igara. Unity je nastao 2005 godine i od tada se kontinuirano raste i zauzima sve veći dio tržišta.

Velika prednost Unityja nad drugim sličnim produktima je pristupačnost i opsežna dokumentacija. Pošto Unity omogućava razvoj za mobitele, Desktop platforme, web platforme, konzole te platforme virtualne realnosti, vrlo je jednostavno istu igru napraviti za više platformi.

Postoji više licenci, među kojima postoji i besplatna razina. Ona omogućava novim programerima igara ulazak u taj svijet, te oni besplatno mogu vidjeti je li to za njih.

3. Teorijska podloga

3.1. pristupi računalnoj simulaciji fluida

Kada pričamo o simulaciji fluida, najčešće mislimo na SPH metodu koju ovaj rad obrađuje, no postoji još mnogo različitih pristupa simulaciji fluida. Većina ih koristi čestice te simulira fluid nad njima, no neke koriste polja te pomoću njega računaju vizualiziraju čestice.

3.1.1. Simulacije bazirane na česticama

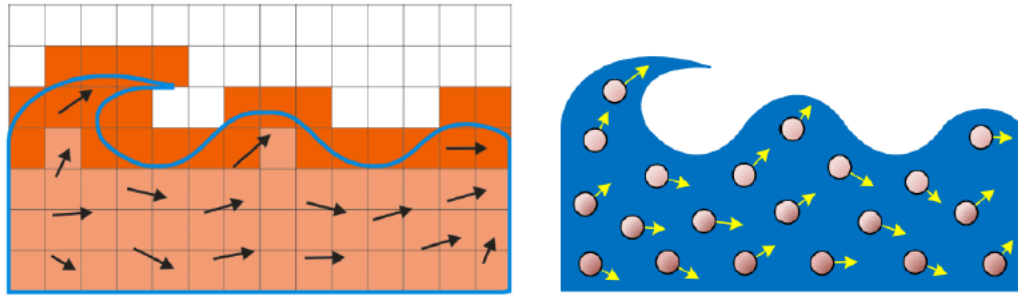
Simulacije bazirane na česticama su najintuitivnije. Svaka čestica predstavlja jednu česticu vode, te sadrži njena svojstva poput mase, brzine i vektora smjera kretanja. Kasnije se izračunavaju među-čestične sile poput tlaka i gustoće te se pomoću njih određuju nova svojstva čestica u sljedećem koraku simulacije te se to ponavlja.

Najpoznatije simulacije ovog tipa su SPH koje će biti obrađeno zasebno, te DEM - Metoda diskretnih elemenata.

DEM[3] metoda je većinski korištena za simulaciju građevinskog materijala poput piljevine ili pijeska. Ona uzima u obzir međučestične sile poput trenja, elastičnosti, i stavlja velik naglasak na Newtonove zakone. Najčešće se koristi u rudarskom inženjstvu, no postoje i primjene u farmaceutskoj industriji.

3.1.2. Simulacije bazirane na 2D polju

Simulacije bazirane na 2D polju ne koriste čestice kao prijašnje metode, nego koriste 2D polje, u koje spremaju svojstva čestica koje bi se nalazile u ćeliji tog polja. One se kao i ostale simulacije izvode korak po korak. Ako želimo veliku simulaciju, njena složenost raste kvadratno, pa ove simulacije nisu prigodne za velike površine, baš zbog te velike računske složenosti.



Slika 3.1. Grid based, Particle based simulation [4]

3.2. SPH metoda

3.2.1. Općenito o metodi

SPH[5] metoda je računska metoda koja se koristi za simulaciju fluida. Ona je simulacija bazirana na česticama, te njihova svojstva koristi za računanje istih iz koraka u korak. Ona ne zahtjeva 2D polje, što je velika prednost, jer može simulirati fluid u složenim i nepravilnim prostorima. Njena složenost gledana s obzirom na broj čestica je puno manja nego složenost simulacija koje koriste 2D polje kada je gustoća jednaka.

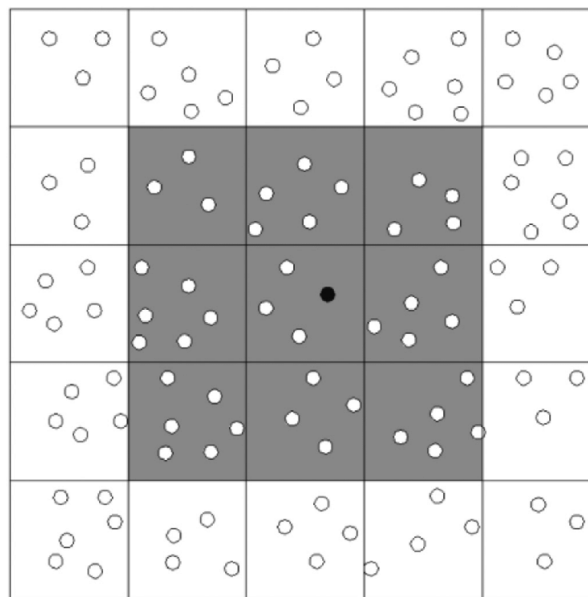
3.2.2. Koraci simulacije

Inicijalizacija simulacije

Na samom početku simulacije potrebno je definirati parametre simulacije poput jačine viskoze, međučestično odbijanje i slično.

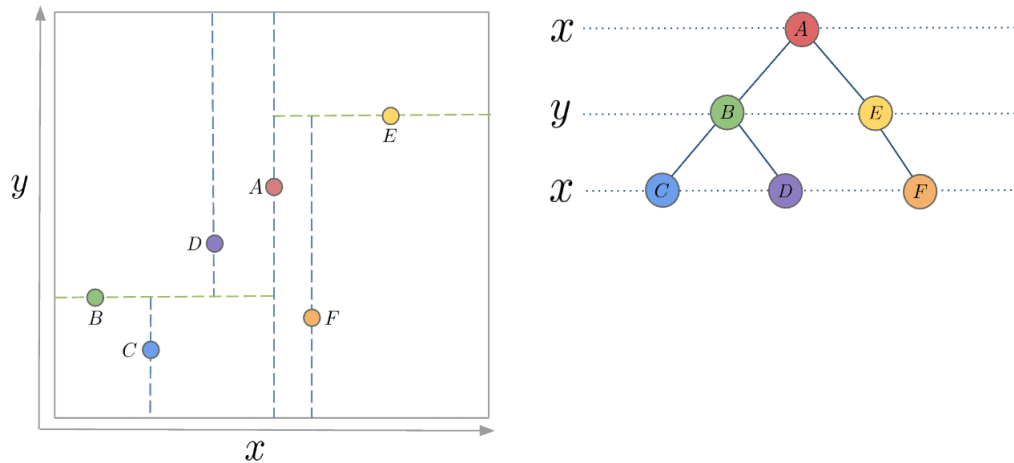
Traženje susjeda

Prvi “pravi” korak simulacije je traženje susjeda. Vrlo je važno znati susjede kako bi se na čestice mogle primjeniti sile koje ovise o udaljenosti od drugih čestica poput viskoznosti i pritiska. Najčešći pristup traženju susjeda su pretraga pomoću 2D polja, u kojem svaku česticu na početku simulacije spremimo u polje, te gledamo bliskost čestica koje su i bliskim poljima radi bržeg iteriranja.



Slika 3.2. Uniform grid searching method [6]

Drugi česti pristup ovome je pristup pomoću stabla, gdje se čestice spremaju u stablu strukturu podataka i susjedi se lako traže spuštajući se niz nju. Susjedi se također mogu tražiti tako da se za svaku česticu ispituje udaljenost od svake druge, no složenost toga je kvadratna, te je jednostavno previše spora.

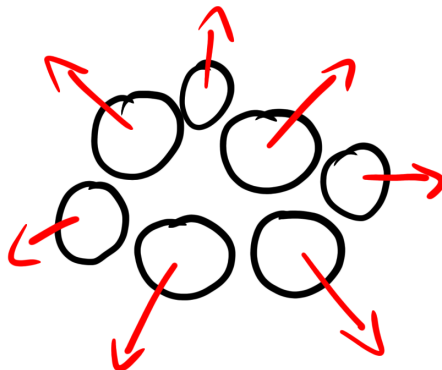


Slika 3.3. K-D stablo [7]

Računanje i primjena međučestičnih sila

Nakon pronalaska susjeda slijedi korak u kojem se računaju međučestične sile. Prvo se računa gustoća, a zatim pritisak i viskoza.

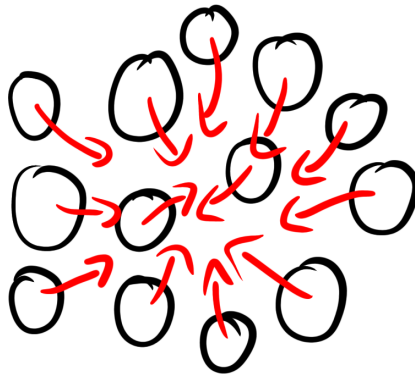
Gustoća je bitna kako bi kasnije izračunali pritisak koji tjera bliske čestice jedne od drugih kako se one nebi preklapale.



Slika 3.4. Sile pritiska

Viskoza je suprotna pritisku, ona želi držati čestice na okupu tako da vuče čestice

jedne prema drugima kako bi se micale u jednoj velikoj nakupini.



Slika 3.5. Sile viskoze

Upravljanje rubnim uvjetima i sudarima

4. Programska implementacija

4.1. Osnove Unity okruženja

4.2. Osnove Unity fizičkog simulatora

4.3. Čestica

4.4. Gustoća

4.5. Pritisak

4.6. Viskoza

4.7. Rezultantna sila

Literatura

- [1] Microsoft, “C sharp (c)”, 2020. [Mrežno]. Adresa: <https://iconduck.com/icons/27153/c-sharp-c>
- [2] U. Technologies, “The official unity logo”, 2021. [Mrežno]. Adresa: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Unity_2021.svg
- [3] C. Coetzee, “Review: Calibration of the discrete element method”, 2017. [Mrežno]. Adresa: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032591017300268>
- [4] S. Liu, B. Wang, i X. Ban, “A symmetric particle-based simulation scheme towards large scale diffuse fluids”, 2018. [Mrežno]. Adresa: https://www.researchgate.net/figure/Schematics-of-two-methods-for-discretizing-the-flow-field-Grid-based-Euler-method_fig2_324097218
- [5] D. Koschier, J. Bender, B. Solenthaler, i M. Teschner, “A survey on sph methods in computer graphics”, 2022. [Mrežno]. Adresa: https://animation.rwth-aachen.de/media/papers/77/2022-CGF-STAR_SPH.pdf
- [6] X. Xia i Q. Liang, “Uniform grid searching method”, 2016. [Mrežno]. Adresa: https://www.researchgate.net/figure/Uniform-grid-searching-method_fig1_283526896
- [7] H. Hristov, “K-d tree”, 2023. [Mrežno]. Adresa: <https://www.baeldung.com/wp-content/uploads/sites/4/2023/03/kdtree.png>

Sažetak

Vizualizacija dinamike fluida metodom hidrodinamike zaglađujućih čestica

Hrvoje Hemen

sažetak na hrvatskom

Ključne riječi: ključne riječi na hrvatskom

Abstract

Dynamic fluid visualization using smoothed particle hydrodynamics method

Hrvoje Hemen

abstract in English

Keywords: keywords in English