

Galaxy Stuff

Jugend Forscht 2017

Emile Hansmaennel emile.hansmaennel@gmail.com

4. Dezember 2017

Kurzfassung

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	2
1.1	Themen	2
1.2	Motivation	2
2	Hauptteil	3
2.1	Notes	3
2.1.1	Todo	3
2.1.2	Generally building a galaxy	3
2.1.3	Spiral Galaxy	3
2.1.4	Important aspects of spiral galaxies	3
2.1.5	Speed	4
2.2	Navarro–Frenk–White profile	4
2.3	Einasto profile	4
2.4	Blender + Python	4
2.5	Making things faster	5
2.6	Spiral Galaxies	5
2.6.1	N-body problem	5
2.6.2	Hilbert Spiral	5
2.7	Größeneinheiten	5
3	Ergebnisse	6
3.1	Simulation Speed	6
3.2	Spiral Galaxies	6
3.3	Lookup-Table Speed	6
3.4	Distortion of Galaxies	7
4	Quellen und Hilfen	8

1 Einleitung

op Einleitung

1.1 Themen

- Heidelberg bla
- Galaxy Foo bla
- Stauchen / Strecken bla
- Problem: Geschwindigkeit bla
- Benchmarks:
 - 10000 Sterne - 1 Stern
 - ...

1.2 Motivation

Φ

$$\Phi(r) = -\frac{4\pi G \rho_0 R_s^3}{r} \ln\left(1 + \frac{r}{R_s}\right) \quad (1)$$

with the limits

$$\lim_{r \rightarrow \infty} \Phi = 0 \quad (2)$$

and

$$\lim_{r \rightarrow 0} \Phi = -4\pi G \rho_0 R_s^2 \quad (3)$$

ρ

$$\rho(r) = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot \pi \cdot \sigma}} \cdot e^{\left(-\frac{\Phi(r)}{\sigma^2}\right)} \quad (4)$$

$\rho_{new} \rightarrow$ (derivation)

$$\rho(r) \cdot 1 - \frac{1}{(2 \cdot \sigma^2)} \cdot (M_{xx} \cdot x^2 + 2 \cdot M_{xy} \cdot xy + M_{yy} \cdot y^2) \quad (5)$$

Motivations blah

2 Hauptteil

2.1 Notes

2.1.1 Todo

- Find a better way to kick out stars using a more efficient method
- Find a way to generate a spiral with a curvature y of the arms
- Compare the generated galaxies with real galaxies to find out if they are legit
- Generate the dark-matter, link the galaxies to the dark matter and watch how the dark matter affects the galaxy while deforming the dark matter.

2.1.2 Generally building a galaxy

1. Generate the galaxy-data using the NFW-Profile or the Einasto-profile
2. Display the data in Blender and create an image using the OpenGL-renderer
3. Train a Neural Network (NN) to classify galaxies
4. Let the NN modify the galaxy to generate a perfect galaxy

2.1.3 Spiral Galaxy

- Generate the coordinates independently from each other:
- Generate the spiral on the x/y plane:
 - x / y: generate a spiral using the Polar coordinate system
 - z: generate the according z-value indpendently using the pythagoras theorem to calculate the distance of a possible star from the center of the galaxy, then continue by using the generated value inside of the NFW-profile to find out if the star should be generated or not
- Use the function to adapt the arms to real conditions

2.1.4 Important aspects of spiral galaxies

- Thickness of the galaxy at the bulge in the middle
- Radius
 - of the entire galaxy
 - of the bulge in the middle
- Number of arms
- Density

- of the spiral arms
- of the bulge in the middle

2.1.5 Speed

- Manipulat the NFW-Profile (don't kick out so many stars!)
- lookup-table for the random numbers
- Amazon-Web-Services (AWS)?
- PyPy
- generally try to generate less galaxies further away from the center so kicking out as many stars doesn't become problematic anymore. (start with a linear function above the NFW-profile and kick out the remaining stars to enhance the profile)

2.2 Navarro–Frenk–White profile

Das Navarro-Frenk-White profil (NFW-profil) ist im grunde genommen eine Funktion die einem die Wahrscheinlichkeit das ein Stern an einer bestimmten position ist liefert. Die Funktion ist im allgemeinen wie folgt aufgebaut:

$$\rho = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma} \cdot \exp\left(\frac{-\phi(r)}{\sigma^2}\right) \quad (6)$$

$$\phi_{NFW}(r) = \frac{4\pi \cdot G \cdot f_0 \cdot R_s^3}{r} \cdot \ln\left(1 + \frac{r}{R_s}\right) \quad (7)$$

Sieht kompliziert aus, ist es aber nicht: Um zu gucken ob ein zufälliger Stern bei x_1 , y_1 und z_1 generiert werden kann wird wie folgt vorgegangen: Aus den Koordinaten wird der Wert r mithilfe des Satz des Phtargoras berechnet, dieser gibt an wie weit der jeweilige Stern vom Zentrum der Galaxie entfernt ist. Um zu prüfen ob der Stern generiert wird, wird dieser r -wert in die Funktion ϕ eingesetzt. Der entstehende Wert gibt an wie wahrscheinlich es ist, das ein Stern in der Entfernung zum Ursprung generiert wird.

Um herrauszufinden ob der Stern generiert wird, wird ein weiterer zufälliger Wert x im bereich $[\phi_{max}; \phi_{min}]$ generiert. Liegt dieser Wert über dem Wert aus der Funktion ϕ wird kein Stern generiert. Liegt dieser Stern jedoch unter dem wert aus der ϕ funktion wird ein Stern an den Koordinaten x_1 , y_1 und z_1 generiert.

2.3 Einasto profile

$$\gamma(r) = \frac{d \ln(\rho(r))}{d \ln(\rho)} \propto r^\alpha \quad (8)$$

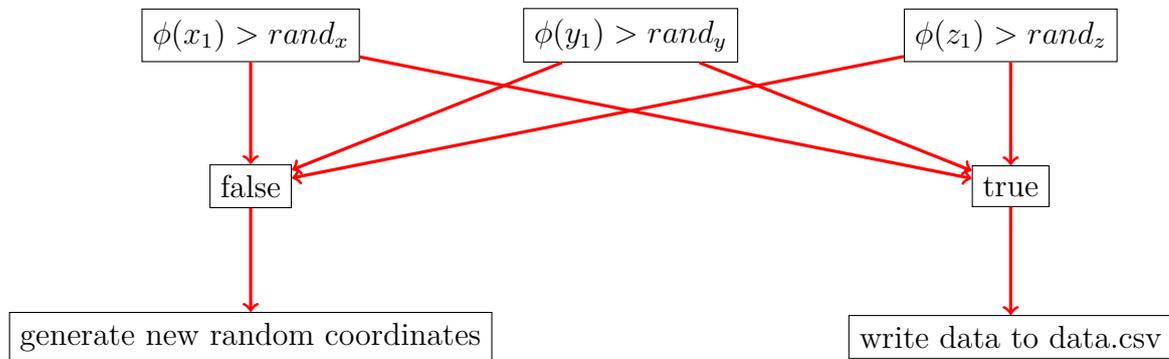
2.4 Blender + Python

Blender is Awesome, Python is Awesome and together they are **SUPER AWESOME!!!**

2.5 Making things faster

Kicking out to many Stars, 1 out of 10000 is just to much...

- Use a custom Density function for each Axis
 - $\phi(r_x)$, $\phi(r_y)$ and $\phi(r_z)$
 - more controll



2.6 Spiral Galaxies

The previous Galaxy models were all using a completely spherical model, generating a spiral galaxy is just not possible using these models.

2.6.1 N-body problem

Kurze Beschreibung des N-Körper Problems

2.6.2 Hilbert Spiral

Beschreibung der Hilbert Spirale

2.7 Größeneinheiten

$$3.086 \cdot 10^{36} m$$

(9)

3 Ergebnisse

Ergebnisse

3.1 Simulation Speed

Nach mergen des speed-branches sind folgende Ergebnisse zusammengekommen:

Sterne	Zeit Vorher	Zeit Nachher
1e5	2.93 sek.	k.A.
1e6	29.38 sek.	k.A.
1e7	315.67 sek.	k.A.
1e9	9h	k.A.

Aus 1e9 Sternen werden vorher letztendlich 45000 Sterne generiert.

Pro MegaByte können die Koordinaten von 10000 Sternen gespeichert werden.

3.2 Spiral Galaxies

Die generierung von Spiralgalaxien gestaltet sich schweiriger als erwartet.

3.3 Lookup-Table Speed

rho-values	step	time (in seconds)
1500000	1	8.07
750000	2	4.4
375000	4	2.26
187500	8	1.35
93750	16	0.76

The correlation between the number of stars generated and the time needed ist clearly linear.

Python script

```
import matplotlib.pyplot as plt

list_time = [8.07, 4.4, 2.26, 1.35, 0.76]
list_rho_values = [1500000, 750000, 375000, 187500, 93750]

plt.plot(list_time, list_rho_values, '-ro')
```

3.4 Distortion of Galaxies

Galaxien verformen dinge

4 Quellen und Hilfen

Quellen

Das Python-Programm sowie die Blender Darstellungen wurden vollständig ohne fremde Hilfe selber erstellt.

Einen Großteil der Formeln fand ich durch eine Wikipedia Recherche, jedoch wurden auch Informationen aus dem 'SPACETRACK REPORT' von Felix R. Hoots und Ronald L. Roerich, No. 3 (Dec. 1980) entnommen.

Das Programmieren in der Programmiersprache Python habe ich während des Projektes mithilfe der Python-Dokumentation gelernt. Mit dem Umgang des 3D-Programms Blender bin ich schon vertraut gewesen. Die Grundlagen für \LaTeX , in dem diese Langfassung geschrieben wurde, erlernte ich durch das Studieren diverser Beiträge in Foren und der Einsicht in das Jugend Forscht Projekt von Konstantin Bosbach, Tilman Hoffbauer und Steffen Ritsche aus dem vorherigem Jahr (2016, Underwater Accoustic Communication).

Da es das erste Mal war, dass ich Python mit Blender kombiniert habe, musste ich mich in diesen Bereich ebenfalls einarbeiten. Dabei war die Blender API Dokumentation (www.blender.org/api) von großer Hilfe.

Dank gilt...

Herrn Jörg Thar meinem Betreuer

Konstantin Bosbach welcher mir eine Möglichkeit gab für 2 Wochen in Heidelberg zu wohnen.

Tilman Hoffbauer Außerdem gilt mein Dank allen, die mich auf jede nur erdenkliche Weise unterstützt haben.