

Metody Modelowania Dla Potrzeb Grafiki Komputerowej

Symulacja trójwymiarowego żelka

Marcin Rociek Jan Rusztowicz

Informatyka, V rok

14 stycznia 2003

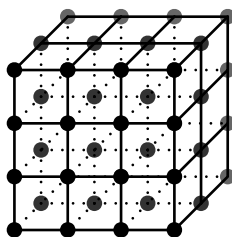
1. Założenia

Celem projektu było stworzenie prostej aplikacji graficznej prezentującej w efektywny sposób wykorzystanie jakiegoś modelu fizycznego. Wybór padł na „żelka” - model podobny do modelu wykorzystywanego w symulacji tkanin, wzbogacony o trzeci wymiar.

Stworzona aplikacja umożliwia oglądanie żelka i jego oddziaływania z przeszkodami w postaci kul oraz ścian pomieszczenia. Użytkownik może swobodnie zmieniać kąt widzenia oraz modyfikować ilość, położenie oraz rozmiary kul. Ponadto możliwe jest ustalenie wielu parametrów, m.in. rozmiary żelka, współczynniki sprężystości itp.

2. Model fizyczny

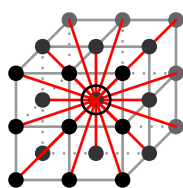
W symulacji wykorzystywana jest regularna trójwymiarowa siatka cząsteczek (rys. 1). Każda z nich ma przypisaną stałą, jednakową dla wszystkich masę.



Rysunek 1: Siatka wykorzystywana w obliczeniach

Każda z cząstek połączona jest sprężynkami z 26 najbliższymi sąsiadami (rys. 2). Za pomocą sprężynek wyliczane są oddziaływania między cząsteczkami, tj. wyznaczana jest siła oddziałująca pomiędzy każdą parą cząstek połączonych sprężynkami.

W istocie w implementacji wykorzystano fakt, że siły działające pomiędzy dwoma cząsteczkami mają takie same wartości, lecz przeciwne zwroty. Fakt



Rysunek 2: Sprężynki, którymi dana cząstka połączona jest z sąsiadami

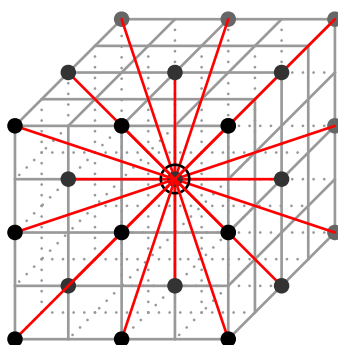
ten wykorzystano poprzez obliczanie jedynie połowy sił oddziałujących na daną cząstkę. Zapisując do drugiej cząstki tą samą siłę ze zmienionym znakiem otrzymujemy jest dokładnie ten sam wynik niemal połowę mniejszym kosztem.

Siła pomiędzy cząstką A a cząstką B , połączonych sprężynką o współczynniku k , obliczana jest w sposób następujący:

$$\vec{F} = k \cdot \left(1 - \frac{D}{|\vec{AB}|} \right) \cdot \vec{AB}$$

Gdzie D jest znamionową odległością pomiędzy A a B .

Wykorzystanie jedynie 26 sąsiadów prowadzi do tego, że żelek ma tendencje do zwijania się. Aby bardziej go usztywnić, wprowadzono połączenie sprężynkami danej cząstki z kolejnymi 26 sąsiadami, przedstawione na rysunku 3.



Rysunek 3: Dodatkowe sprężynki, którymi dana cząstka połączona jest z dalszymi sąsiadami

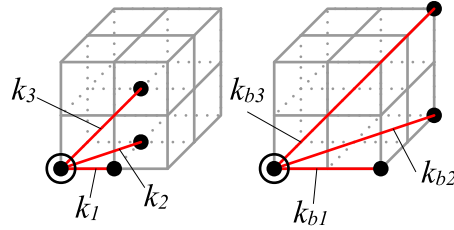
W sumie jedna cząstka połączona jest z 52 sąsiadami przy pomocy sześciu rodzajów sprężynek (rys. 4). Każdy z rodzajów sprężynek ma inny współczynnik k , i każdy z tych współczynników z osobna może być regulowany w aplikacji.

W celu wyznaczenia kolejnego położenia cząstki, w każdym kroku dla każdej z nich wykonywane jest następujące obliczenie:

$$\vec{v}_{i+1} = \vec{v}_i + \Delta t_a \cdot \frac{\vec{F}}{m}$$

$$\vec{x}_{i+1} = \vec{x}_i + \Delta t_v \cdot \vec{v}_{i+1}$$

$$\vec{v}_{i+1} = \alpha \cdot \vec{v}_{i+1}$$



Rysunek 4: 6 rodzajów sprężynek łączących cząstki, każdy o innym współczynniku k

Gdzie: \vec{v}_i - prędkość cząstki, \vec{v}_{i+1} prędkość cząstki w kolejnej iteracji, \vec{F} - suma sił oddziałujących na cząstkę (łącznie z siłą grawitacji), m - masa cząstki, \vec{x}_{i+1} - położenie cząstki w kolejnej iteracji, α - współczynnik tłumienia, Δt_a - skok czasowy przyśpieszenia cząstki, Δt_v - skok czasowy prędkości cząstki.

Dodatkowo wprowadzono oddziaływanie wiatru na powierzchnię żelka, do cząstek-wierzchołków każdego trójkąta, z którego składa się żelek dodawana jest siła wyznaczona z następującego wzoru:

$$\vec{F} = \vec{N} \cdot (\vec{N} \circ \vec{W})$$

Gdzie: \vec{N} - wektor normalny do trójkąta, \vec{W} - wiatr.

3. Opis aplikacji

GUI aplikacji zostało napisane z wykorzystaniem biblioteki Qt. Interfejs składa się z następujących części:

- Menu
- Zakładka **Physics**
- Zakładka **Gel**
- Okno OpenGL

Poniżej znajduje się krótki opis wszystkich części interfejsu.

3.1. Menu

3.1.1. File

Exit Zakończenie pracy programu.

3.1.2. Simulation

Reset Zresetowanie symulacji do pozycji początkowej.

3.1.3. Windows

Options Pokazanie / ukrycie zakładek z opcjami.

3.1.4. Help

About Krótka informacja o programie.

About Qt Informacja o bibliotece Qt.

3.2. Zakładka Physics

Gravity Ustalenie siły grawitacji. Możliwe jest ustawienie grawitacji ujemnej, powodującej przyciąganie „ku górze”.

Wind Ustalenie siły wiatru.

Mass Masa cząstki.

Energy loss Współczynnik tłumienia prędkości cząstek.

Collision energy loss Współczynnik tłumienia prędkości przy kolizji z przeszkodami.

Acceleration step Krok czasowy przyśpieszenia cząstki.

Velocity step Krok czasowy prędkości cząstki

K1, K2, K3, Kb1, Kb2, Kb3 Współczynniki sprężystości k dla każdego rodzaju sprężynek.

Neighbours 1 = 26 sąsiadów, 2 = 52 sąsiadów.

3.3. Zakładka Gel

X, Y, Z Wielkość siatki żelka w każdym z trzech wymiarów.

Scale Skalowanie żelka.

Spheres Ilość kul, z którymi żelek może oddziaływać.

3.4. Okno OpenGL

3.4.1. Nawigacja

Jeśli użytkownik kliknie w dowolnym miejscu okna (oprócz kul) może wykonać następujące operacje:

Lewy przycisk myszy Obracanie sceny.

Prawy przycisk myszy Zbliżanie / oddalanie sceny.

Shift + Lewy przycisk myszy Przesuwanie sceny.

3.4.2. Poruszanie kulkami

Jeśli użytkownik kliknie w dowolną kulę, może wykonać następujące operacje:

Lewy przycisk myszy Poruszanie kulą w płaszczyźnie $X - Y$.

Prawy przycisk myszy Poruszanie kulą wzdłuż osi Z .

Shift + Lewy przycisk myszy Poruszanie kulą w płaszczyźnie równoległej do ekranu.

Shift + Prawy przycisk myszy Skalowanie kuli.