

## Dokumentacja algorytmu automatu komórkowego symulacji upływu wody w 2 wymiarach.

### Wstęp:

Przedstawiony automat komórkowy służy do ilustracji przepływu wody w uproszczonym środowisku komórek rozłożonych na siatce (macierzy). Automat obsługuje uproszczone ciśnienie wody, ale nie powietrza. Oznacza to, że woda może pokonywać przeszkody płynąc w górę, jeśli jest częścią zbiornika w którym część płynu znajduje się ponad przeszkodą.

### Struktura danych:

Podstawową jednostką używaną w automacie komórkowym, jest **komórka** (w programie, klasa Cell). Algorytm wykorzystuje dwa ich rodzaje, **komórki wody** (Water\_Cell) o różnym jej poziomie oraz komórki stałe (Solid\_Cell) odpowiadające przeszkodom. **Komórki wody** mają cztery własności - **poziom wody**, **nowy poziom wody**, **stary poziom wody** oraz **pojemność** (reprezentowane kolejno przez pola level, new\_level, old\_level, capacity). **Komórki** powietrza są reprezentowane przez komórki wody o zerowym **poziomie wody**. Wszystkie **komórki** w symulacji znajdują się w macierzy o dwóch wymiarach, zwanej **mapą** (Cell\_Map).

### Działanie algorytmu:

W dużym uproszczeniu, algorytm można podzielić na 3 etapy przypadające na każdy krok:

- inicjalizacja wartości komórek
- obliczenie ilości wody przelanej z **poziomu wody** komórki do **nowego poziomu wody** sąsiednich komórek
- zastąpienie **poziomu wody** komórki **nowym poziomem wody**

Poniżej rozpisane zostają poszczególne etapy:

#### 1:

Atomową jednostką podziału czasu w symulacji jest krok(funkcja execute\_map()), czyli jednorazowe wykonanie algorytmu. Symulacja wykonuje kroki wielokrotnie dając wrażenie ciągłego działania automatu. Każdy **krok** składa się z trzech etapów - w trakcie nich, wykonywana jest iteracja funkcji na każdej **komórce wody**.

Przed pierwszym krokiem ustawiana jest wartość binarna **kierunek - lewo** (left\_focus), która później posłuży w drugim kroku. Zmienna przyjmuje zaprzeczenie swojej wartości w poprzednim **kroku**, przy pierwszym jest losowana.

*pseudokod:*

**kierunek\_lewo** = ! **kierunek\_lewo**

#### 1:1

Pierwszy krok obejmuje wstępną iterację, podczas której ustawiane są wartości przypisane **komórkom wody**. **Stary poziom wody** przyjmuje wartość **poziomu wody**, **nowy poziom wody** jest zerowany. Obliczana jest także **pojemność**, która przyjmuje wartość o 5 większą od pojemności komórki powyżej, jeśli ta jest większa lub równa 100. (Jest to symulacja działania ciśnienie, gdzie w jednostce pojemności wody skompresowanej na większych głębokościach znajduje się więcej cząstek wody)W innych wypadkach obliczana **pojemność** przyjmuje 100. Jest to wykonywane na każdej **komórce wody**.

*pseudokod:*

*funkcja: oblicz\_pojemność(komórka\_wody)*

*jeśli (komórka\_powyżej istnieje i jest komórką wody i ma poziom\_wody  $\geq 100$ )*

*zwróć komórka\_powyżej.poziom\_wody + 5*

*inaczej*

*zwróć 100*

*dla każdej komórki\_wody:*

*komórka\_wody.stary\_poziom\_wody = komórka\_wody.poziom\_wody*

*komórka\_wody.nowy\_poziom\_wody = 0*

*komórka\_wody.pojemność = oblicz\_pojemność(komórka\_wody)*

## 1:2

Drugi krok jest krokiem w którym następuje przeliczenie docelowych wartości poziomów wody w **komórkach**. Składa się on z 3 etapów:

- obliczenia ilości wody przelewanej do komórki poniżej
- obliczenia ilości wody przelewanej do komórek na tym samym poziomie
- obliczenia ilości wody przelewanej do komórki powyżej

W każdym z nich z **poziomu wody** komórki zostaje odjęta wartość która trafia do **nowego poziomu wody** sąsiednich komórek.

*pseudokod:*

*dla każdej komórki\_wody:*

...

## 1:2:1

Pierwsza część obejmuje przeliczenie ile wody komórka musi przelać ze swojego **poziomu wody** na rzecz **nowego poziomu wody** komórki poniżej. "Żądana" ilość to różnica między **pojemnością** a **poziomem wody** w komórce poniżej. Komórka "oddaje" tą ilość, lub to co ma jeśli nie ma takiej ilości.

*pseudokod:*

...

*ilość\_żądana = komórka\_pod\_spodem.pojemność - komórka\_pod\_spodem.poziom\_wody*

*jeśli (ilość\_żądana > komórka\_wody.poziom\_wody)*

*komórka\_pod\_spodem.nowy\_poziom\_wody += komórka\_wody.poziom\_wody*

*komórka\_wody.poziom\_wody = 0*

*inaczej*

*komórka\_pod\_spodem.nowy\_poziom\_wody += ilość\_żądana*

*komórka\_wody.poziom\_wody -= ilość\_żądana*

...

## 1.2.2

Druga część obejmuje obliczenie ile wody komórka ma przekazać swoim sąsiadom. Wykonywana jest funkcja przekazania wody jednemu z sąsiadów, a następnie drugiemu - to który z nich jest pierwszy, zależy od zmiennej **kierunek - lewo**. Funkcja ta obejmuje przeliczenie żądanej wartości (różnica **poziomu wody** komórki i **starego poziomu** sąsiada) i jeśli ta wartość jest większa od 0 to przekazaniu na rzecz **nowego poziomu wody** sąsiada połowy tej ilości (jako że wartości są dyskretne, to przekazywany jest sufit połowy- aby zapewnić ciągłą cyrkulację)

pseudokod:

```
...
jeśli (kierunek_lewo)
    przelej_sąsiadowi(komórka_wody,sąsiad_lewy)
    przelej_sąsiadowi(komórka_wody,sąsiad_prawy)
inaczej
    przelej_sąsiadowi(komórka_wody,sąsiad_prawy)
    przelej_sąsiadowi(komórka_wody,sąsiad_lewy)

funkcja przelej_sąsiadowi(komórka, sąsiad):
    żądana_wartość = komórka.poziom_wody - sąsiad.stary_poziom_wody
    jeśli(żądana_wartość > 0)
        przelana_wartość = sufit( żądana_wartość/2)
        komórka.poziom -= przelana_wartość
        sąsiad.nowy_poziom_wody += przelana_wartość
    ...
```

### 1.2.3

W ostatniej części obliczane jest ile wody może zostać przelane do komórki powyżej. Dzieje się to tylko wtedy kiedy **poziom wody** komórki przekracza jej **pojemność** (np gdy komórki sąsiednie znajdujące się pod dużym ciśnieniem przelewają do komórki pod niskim ciśnieniem). Drugim warunkiem jest to że komórka powyżej jest komórką wody, oraz to że jej **stary poziom wody** jest mniejszy od **poziomu wody** analizowanej komórki. Jeśli zachodzi taka sytuacja, to nadmiar wody jest przelany do komórki powyżej

pseudokod:

```
...
jeśli (komórka powyżej istnieje i jest komórką wody i komórka_powyżej.stary_poziom_wody
< komórka.poziom_wody i komórka.poziom_wody > komórka.pojemność)
    przelana_wartość = komórka.pojemność - komórka.poziom_wody
    komórka_powyżej.nowy_poziom_wody += przelana_wartość
    komórka.poziom_wody -= przelana_wartość
```

### 1.3

W ostatnim etapie następuje finalizacja - dla każdej komórki do **poziomu wody** zostaje jej **nowy poziom wody**. **Poziom wody** to zmienna oznaczająca docelowy poziom wody komórki, i używana w wyświetlaczu.

pseudokod:

```
dla każdej komórki_wody:
    komórka_wody.poziom_wody += komórka_wody.nowy_poziom_wody
```

Docelowy poziom wody staje się sumą pozostałego poziomu oraz tego co zostało przelane.

Symulacja przechodzi następnie do wyświetlenia zawartości mapy oraz wykonania następnego kroku.

### Bibliografia:

Blog "W-Shadow.com": <http://w-shadow.com/blog/2009/09/01/simple-fluid-simulation/> (ost. dostęp 30.01.2017)

Fragment wywiadu z twórcą gry "Dwarf Fortress" w serwisie "Gamasutra":

[http://www.gamasutra.com/view/feature/3549/interview\\_the\\_making\\_of\\_dwarf\\_.php?page=9](http://www.gamasutra.com/view/feature/3549/interview_the_making_of_dwarf_.php?page=9) (ost

dostęp: 30.01.2017)