

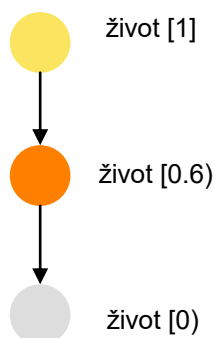
2. Sustav čestica

Za opis nekih objekata i pojava, objekti zadani nizom poligona nisu pogodni. To su obično neizraziti objekti (pojave) kao na primjer vodoskok, vatra, snijeg, kiša, zvijezde. Za ovakve objekte pogodan način opisa je sustav čestica čija nakupina predstavlja objekt. Svojstvo takvog objekta je nedeterminističko ponašanje i potrebno je koristiti stohastičke procese pri kreiranju i ponašanju sustava. Rad sa česticama obično nije vremenski zahtjevan (ovisi o broju čestica), pa je moguće ostvariti vrlo složena dinamička svojstva objekta i vizualne učinke. Pored zanimljivih vizualnih učinaka sustavi čestica se koriste u simulacijama raznih fizikalnih procesa.

2.1 Definiranje čestice

Sustav čestica možemo definirati kao objekt u svom koordinatnom sustavu, s pripadnim nizom atributa zajedničkim za sustav kao, odnosno individualnim za pojedinu česticu. Za pojedinu česticu važno je definirati njene glavne značajke vezane uz pojavu čestice, odnosno za pojedine faze potrebno je odrediti:

- **rađanje čestice** – u trenutku stvaranja čestice potrebno je definirati početne uvijete
 - trenutak (učestalost) stvaranja čestica,
 - mjesto nastajanja. Kod vodoskoka će to biti jedan izvor čestica, a kod snijega je to obično definirano poligonom koji emitira niz čestica.
 - početni uvjeti, kao što je smjer gibanja i početna brzina.
- **život čestice** – potrebno je odrediti trajanje (brzina umiranja može biti različita), odnosno životni vijek i attribute koji opisuju promjene za vrijeme života jedne čestice. To su na primjer:
 - putanja čestice odnosno promjenu pozicije u vremenu. Promjena pozicije se obično opisuje jednostavnim ili složenijim fizikalnim zakonima npr. $\Delta s = v \Delta t$, u obzir možemo uzeti i utjecaj početne brzine, djelovanje sile (gravitacije) na česticu ili proizvoljne sile koje definiramo i sl.
 - promjena boje (oblika), prozirnosti, Slika 1. prikazuje primjer promjene boje tijekom životnog vijeka čestice.
 - način interakcije s nekim drugim objektom, na primjer kolizija i odbijanje od podloge ili međudjelovanje samih čestica. Ako je broj čestica velik međudjelovanje čestica se obično izbjegava zbog vremenske zahtjevnosti.
- **umiranje čestice** – memorijski prostor koji je bio korišten za pojedinu česticu obično se koristi za stvaranje i zapis nove čestice. Alokacija memorije (i oslobađanje) nepotrebno može trošiti vrijeme ako ju radimo pri svakom rađanju (umiranju) čestica. Upotrebom zadanog memorijskog bloka možemo postići prisutnost podjednakog broja čestica u vremenu. Nedostatak unaprijed zadanog memorijskog bloka je potrebna procjena maksimalnog broja čestica i neefikasno korištenje memorije ako se ta veličina mijenja.



Slika 1. Promjena boje tijekom životnog vijeka čestice, kod simulacije vatre.

Prilikom definiranja pojedinih parametara obično se dodaje utjecaj slučajne veličine, a distribucija će nam odrediti, na primjer, širinu mlaza vodoskoka.

Pojedini atributi vezani su uz samu česticu, dok su neki zajednički za cijeli sustav. Tako, na primjer ako imamo sustav u kojem sve čestice imaju jednako vrijeme života, taj atribut možemo izbaciti iz strukture pojedine čestice i definirati ga kao zajednički. Veliki broj atributa možemo proglasiti individualnim, no to vodi do povećanja računalnih zahtjeva za prikaz sustava, pa treba naći kompromis između složenosti ponašanja pojedine čestice i broja čestica koji se koristi.

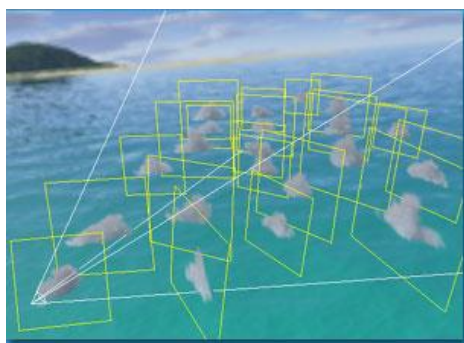
2.2 Prikaz čestica

Pojedinu česticu možemo prikazati točkom, uz povećanu dimenziju kako bi bila bolje vidljiva u konačnom prikazu. Za složeniji oblik čestice, pojedinu česticu nije prikladno prikazivati mrežom poligona zbog vremenske zahtjevnosti. Prihvatljiv kompromis obično je prikaz čestice malim poligonom s teksturom (Slika 2.) čime se povećava složenost prikazanog sustava. Pripadna tekstura može predstavljati česticu, pahuljicu snijega, a rubovi su obično prozirni (RGB komponente određuju boju, a α vrijednost određuje prozirnost). Format zapisa koji podržava prozirnost je npr. tga. Možemo koristiti i okolnu boju prilagođenu boji pozadine (Slika2. cestica.bmp).



Slika 2. Primjer teksture za prikaz čestice: [iskrica.tga](#), [cestica.bmp](#), [explosion.bmp](#), [snow.bmp](#), [smoke.bmp](#), [Bee.jpg](#).

Kako je poligon dvodimenzionalan nećemo dobiti dobar učinak ako ga promatramo "iz profila", pri promjeni očišta, pa je potrebno poligon orijentirati u prostoru tako da normala bude okrenuta uvijek prema promatraču. Takav način orijentacije poligona prikazan je na Slici 3, a naziva se tehnika oglasne ploče (engl. billboard). Promjena orijentacije poligona obavlja se način koji je opisan u prethodnoj vježbi (odredi se os oko koje se rotira poligon i kut za koji se rotira na osnovi početne orijentacije zadanog poligona s teksturom i vektora prema očištu za zadani položaj na koji treba postaviti česticu).



Slika 3. Tehnika oglasne ploče, pojedini poligoni s pripadnom teksturom okrenuti su prema promatraču.

2.2.1 Učitavanje teksture

Učitavanje teksture olakšano je korištenjem biblioteka. Za učitavanje i spremanje tekstura (slika) može se koristiti biblioteka kao što je na primjer SOIL (<http://www.lonesock.net/soil.html>), DevIL (<http://openil.sourceforge.net/>) ili neka druga biblioteka (http://assimp.sourceforge.net/main_features.html).

2.3 Čestični pogon

Proces proračunavanja novog stanja sustava i prikaz na zaslon sastoji se od nekoliko koraka. Prilikom proračuna novog stanja pratimo vrijeme koje proteklo od prošle promjene. Na početku proračuna svim se česticama povećava starost za proteklo vrijeme. Odrede se čestice čija je starost veća od njihovog vremena života i te čestice se gase. Pokreće se proces stvaranja novih čestica i određuju se pripadne početne vrijednosti atributa tih čestica (pozicija, smjer, veličina brzine, duljina života i sl.). Određuje se novi položaj i drugi parametri ostalih čestica. Transformira se sustav čestica u sustav scene na novi položaj i poligoni s teksturama se okreću prema promatraču, nakon čega slijedi prikaz čestica i proračun novog stanja.

2.4 Dodatne mogućnosti sustava čestica

Pomicanje izvora čestica u prostoru. Sustav čestica definiran kao objekt u svom koordinatnom sustavu možemo pomicati u prostoru po proizvoljnoj krivulji kao točkasti izvor čestica ili možemo pomicati promatrača kroz oblak čestica. U jednoj sceni možemo imati i nekoliko sustava čestica.

Periodičke promjene brojnosti čestica. Promjenom frekvencije stvaranja novih čestica možemo ostvariti periodičke promjene u brojnosti generiranih čestica. Na ovaj način možemo ostvariti slanje "dimnih signala" sustavom čestica.

Utjecaj sile na čestice sustava. Utjecaj sile na čestice možemo ostvariti tako da dodamo utjecaj gravitacije ili možemo dodati točke privlačenja koje će djelovati na čestice sustava. Utjecaj takvih točaka privlačenja obično opada s udaljenošću ili kvadratom udaljenosti. U ovom slučaju koristiti prikaz čestice točkom umjesto teksturom.

$$F_{ukupno} = \sum F_i = m_{čestice} \cdot a, \quad a = \frac{F_{ukupno}}{m_{čestice}}$$

$$\begin{aligned} \dot{v} &= a & v_{n+1} &= v_n + a \cdot \Delta t \\ \dot{x} &= v & x_{n+1} &= x_n + v \cdot \Delta t \end{aligned}$$

Kolizija s dodatnim objektima u sceni. U scenu možemo dodati jednu ili nekoliko ravnina s kojima ćemo ostvariti koliziju, odnosno ispitivati ćemo da li je čestica udarila u promatrane poligone i definirat ćemo da li je došlo do odbijanja čestice ovisno o kutu upada ili do klizanja čestice po promatranoj površini (elastični ili plastični sudar. U ovom slučaju koristiti prikaz čestice točkom umjesto teksturom.

Promjene boje i veličine čestice. Tijekom života čestice možemo mijenjati boju prema Slici 1 (prozirnost) i veličinu čestice i na taj način postići dinamičnost načinjenog sustava.

Različiti oblici izvora čestica. Već je spomenuto da izvor čestica može biti točkasti, poligonalan, no možemo načiniti i da površina cijelog objekta bude mogući izvor čestica. Na ovaj način ostvarit ćemo učinak kao da se objekt dimi.

Modeliranje nakupine objekata sustavom čestica. Sustavi čestica mogu se koristiti i pri modeliranju nakupine objekata. Roj pčela, na primjer, možemo načiniti kao sustav čestica, gdje je kretanje pojedine jedinice opisano kretanjem čestice, a pojedina jedinica ovisno o blizini promatrača može se prikazati kao tekstura ili trodimenzijski model.

Sklopovski podržana implementacija sustava čestica. Ako koristimo sklopovsku opremu (GPU) za zapis sustava čestica, tada je pogodno koristiti teksturu za zapis atributa pojedine čestice. Na primjer, vektor brzine (*xyz* komponente) možemo čuvati u RGB komponentama teksture. Procesorske jedinice tada možemo upotrijebiti za proračun novog položaja.

Sustav čestica sa sustavom opruga. Općenito, neki objekt možemo učitati kao strukturu u kojoj vrhovima pridijelimo svojstva čestice (mase), a bridovima pridijelimo svojstva opruge. Na ovaj način ostvaruje se model pogodan za opis tkanine, no i bilo koji drugi objekt (teddy) poprma elastična svojstva.

2.5 Radni zadatak

Potrebno je načiniti sustav čestica odnosno čestični pogon kako je opisano u podpoglavlju 2.3. Odabrati jednu od dodatnih mogućnosti sustava čestica predloženih u podpoglavlju 2.4 i ugraditi u svoju implementaciju sastava čestica ili umjesto predloženih dodatnih mogućnosti sustava čestica realizirati vlastiti prijedlog dodatne mogućnosti.