

PODSTAWY ANIMACJI KOMPUTEROWEJ

Wprowadzenie

„Animacja komputerowa - sztuka tworzenia obrazów ruchomych z użyciem komputera.”

Generowanie przy pomocy komputera sekwencji obrazów o zmiennej zawartości, powiązanej w logiczną całość.

Obrazy te, wyświetlane po kolei z określoną szybkością, dają wrażenie ruchu.

Wprowadzenie

Animacja może obejmować zmiany:

- obiektów
 - ich położenia,
 - kształtu i rozmiaru,
 - barwy, tekstury, itp.
- położenia, orientacji i natężenia źródeł światła
- położenia i orientacji kamer (obserwatora)

Istotne jest modelowanie interakcji pomiędzy obiektami.

Zastosowania animacji komputerowej

- gry komputerowe
- filmy animowane
- efekty specjalne w filmach
- prezentacje multimedialne, wizualizacja danych
- elementy stron internetowych
- symulacja procesów
- reklamy
- grafika telewizyjna
- architektura
- zastosowania edukacyjne (np. symulatory)
- sztuka

Liczba ramek na sekundę

Każdy obraz składowy animacji nazywany jest **ramką** lub klatką (*frame*). Ramki wyświetlane są ze stałą prędkością – **fps** (*frames per second*).

- 12 fps – minimalna liczba ramek dająca wrażenie w miarę płynnego ruchu
- 18-24 fps – zadawalające wrażenie płynności
- 24 fps – standard w filmie
- 25 fps – standard TV w Europie
- 30 fps – standard TV w USA.

W animacjach komputerowych jako minimum przyjmuje się zwykle 25-35 fps.

Animacja czasu rzeczywistego

Animacja komputerowa czasu rzeczywistego:

- ramki animacji generowane są w czasie rzeczywistym (*real time*), na bieżąco
- wymagana duża moc obliczeniowa dla zapewnienia minimalnej fps
- przykład: gry komputerowe

Animacja tworzona w trybie *off-line*:

- kolejne ramki zapisywane są np. do pliku
- mniejsze wymagania mocy obliczeniowej
- przykład: tworzenie filmów animowanych, *cutscenes* w grach 3D

Tradycyjne metody animacji

„Analogowe” metody animacji:

- rysowanie kolejnych ramek na taśmie celuloidowej (filmy rysunkowe)
- ramki jako zdjęcia sceny – modeli i scenografii (filmy „lalkowe”)

Tradycyjne metody animacji są bardzo czasochłonne i pracochłonne, wymagają wspólnej pracy grupy ludzi.

Film zawierający 250 000 ramek
– ok. 50 lat pracy jednej osoby.

Korzyści z metod komputerowych

Zalety wykorzystania komputerów do tworzenia animacji:

- zastąpienie metod analogowych (rysowanie ramek za pomocą komputera)
- przekształcenia obrazu (np. przesunięcia obiektów)
- opis przekształceń za pomocą skryptów
- dokonywanie interpolacji pomiędzy ramkami
- efekty specjalne
- łatwa i bezpieczna archiwizacja

Rodzaje animacji komputerowej

Najważniejsze typy animacji komputerowych:

- animacja poklatkowa – tworzenie każdej ramki animacji po kolei, najczęściej w postaci mapy bitowej
- zastosowanie ramek kluczowych – generowanie wybranych ramek, pozostałe są obliczane
- skrypty – opisują zmianę właściwości obiektów (położenia, wyglądu), stosowane np. w grach komputerowych
- animacja interaktywna – obiekty sterowane przez użytkownika (np. gry komputerowe)

Komputerowa animacja poklatkowa

Generowanie animacji poklatkowej za pomocą komputera odbywa się analogicznie jak w metodach tradycyjnych:

- grafik tworzy kolejne ramki animacji przy pomocy komputera
- każda ramka zawiera pełny obraz
- metoda mało efektywna i czasochłonna
- optymalizacja: zapisywane są tylko te części ramki, które różnią się w porównaniu z poprzednią ramką
- metoda stosowana np. w grach komputerowych 3D, w trybie gry

Ramki kluczowe

Technika ramek kluczowych (*tweening*):

- ramki kluczowe (*key frames*) zawierają obrazy definiujące ruch obiektów, są tworzone przez grafika
- ramki pośrednie są interpolowane na podstawie ramek kluczowych przez komputer
- problem doboru ramek kluczowych, w zależności od dynamiki zmian obrazu
- stosowana najczęściej w animacjach *off-line*, np. w filmach animowanych komputerowo

Morphing

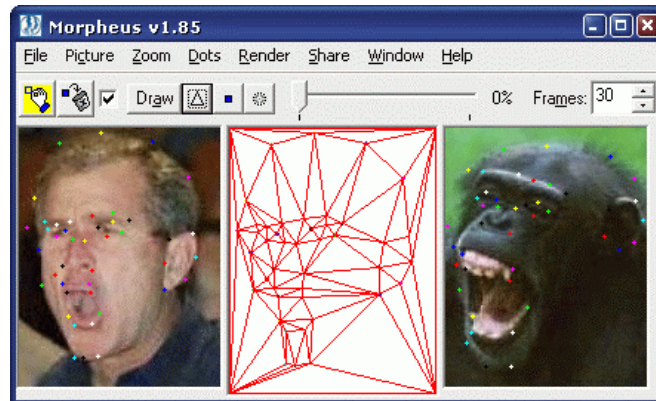
Tworzenie animacji poprzez płynne przejście od jednego obrazu statycznego do drugiego

- potrzebne są dwie ramki kluczowe
- definiowane są punkty charakterystyczne – odpowiadające sobie punkty obu ramek
- punkty te wyznaczają wielokąty
- obliczane są przekształcenia wielokątów
- przekształcenia te są stosowane do pikseli wewnątrz wielokątów

Metoda stosowana głównie jako „efekt specjalny”.

Morphing - przykład

Punkty kontrolne w ramce początkowej i końcowej oraz siatka wielokątów (program *Morpheus*).



Komputerowe tworzenie animacji

Punktem wyjściowym do animacji jest obiekt statyczny (np. postać).

Definiuje się **zmienne animacji** (*avars*), kontrolujące zmiany położenia fragmentów obiektu (np. wybranych werteksów siatki).

Następnie generuje się klatki animacji wybraną metodą.

W przypadku animacji czasu rzeczywistego, generowane klatki są zapisywane do bufora sprzętowego, a następnie przenoszone na ekran.

Podwójne buforowanie

Przy wyświetlaniu klatek animacji na ekranie stosuje się **podwójne buforowanie**:

- bufor główny (*front buffer*) - zawiera już wygenerowany obraz, który jest przenoszony na ekran,
- bufor pomocniczy (*back buffer*) - do niego zapisywany jest w tym samym czasie aktualnie tworzony obraz,
- po zapełnieniu bufora pomocniczego następuje zamiana funkcji buforów.

Dzięki temu unika się zniekształceń (migotania) obrazu. Realizowane jest to sprzętowo.

Ścieżki ruchu

Animacja przez przesuwanie obiektu po ustalonej **ścieżce ruchu** (*movement path*).

Ścieżka ruchu może być:

- prostą
- krzywą – aproksymowaną za pomocą krzywych Beziera lub B-spline

Obiekt może przesuwać się po ścieżce ze stałą lub zmienną prędkością. Można przy tym stosować skalowanie, obrót, itp.

Ścieżki ruchu wykorzystywane są np. przy tworzeniu animacji *Flash* oraz w prostych grach.

Metody kontroli ruchu

Bardziej zaawansowane techniki kontroli ruchu:

- **kinematyczna** – dokładne określanie ruchu obiektów w czasie
- **parametryczna** – wyliczanie pozycji obiektów na podstawie parametrów, np. przesunięcia
- **dynamiczna** – wyliczanie trajektorii ruchu na podstawie praw fizyki
- **hybrydowa** – wykorzystanie kilku technik naraz

Metoda kinematyczna i fizyczna

Metoda kinematyczna:

- określamy ruch obiektów
- obiekty zachowują się zgodnie z naszym scenariuszem
- zastosowanie: np. filmy animowane

Metoda fizyczna:

- określamy warunki początkowe
- obiekty zachowują się zgodnie z prawami fizyki
- zastosowanie: np. gry, symulacje zjawisk

Animacja proceduralna

Animacja proceduralna (*procedural animation*) to metoda tworzenia animacji, w której poszczególne klatki animacji oblicza się przy użyciu procedur - algorytmów np. opartych na prawach fizyki.

Typowe zastosowania:

- modelowanie dynamiki ciał sztywnych,
- modelowanie systemów cząsteczek
- animacja postaci

Symulacja zjawisk fizycznych

Fizyczny model ruchu obiektu pod wpływem działających na niego sił:

- kierunek ruchu
- prędkość, przyspieszenie
- grawitacja
- tarcie
- wirowanie
- sprężystość (zderzenia, odbicia)
- trwałe odkształcenia, uszkodzenia, itp.

Model fizyczny ruchu

„Model fizyczny ruchu jest to matematyczna reprezentacja obiektu i jego zachowania, biorąca pod uwagę siły, energie i inne elementy fizyki newtonowskiej. Metoda ta umożliwia realistyczną symulację zachowania obiektów zarówno sztywnych, jak i sprężystych, zgodnie z prawami fizyki, bez podawania zbędnych szczegółów”.

Etapy:

- sformułowanie modelu fizycznego (równania)
- nadajemy warunki początkowe
- komputer oblicza ruch obiektów

Przykład: zachowanie się kul bilardowych

Model fizyczny - implementacja

Model fizyczny (*physics engine*) - symuluje zachowanie się obiektów zgodnie z prawami fizyki, podczas tworzenia animacji komputerowej.

Rodzaje modeli fizycznych:

- **czasu rzeczywistego** (*real time*) - mniej realistyczne, stosowane np. w grach;
- **wysokiej precyzji** - wymagające dłuższych obliczeń, stosowane w filmach i w nauce.

Pojawiają się pierwsze sprzętowe implementacje modelu fizycznego: PPU (*Physics Processing Unit*), luty 2006, firma Ageia.

Metoda dynamiki ciał sztywnych

Rigid body dynamics - starsza metoda stosowana w komputerowych modelach fizycznych. Opisuje ruch ciał sztywnych pod wpływem sił zewnętrznych, siły grawitacji, z uwzględnieniem tarcia i odbić. Nie uwzględnia się odkształceń obiektu.

Ciało sztywne porusza się ruchem liniowym oraz obrotowym.

Model może być:

- nieograniczony (*unconstrained*)
- ograniczony (*constrained*)

Ograniczenia ruchu

Zwykle nakładamy pewne ograniczenia na ruch obiektów:

- proste ograniczenia – np. obiekt nie może przeniknąć przez ścianę
- złożone ograniczenia – np. kości postaci muszą poruszać się w określony sposób względem siebie

Ograniczenia można uwzględnić stosując metodę odwrotną: szukanie siły, która spowoduje ruch obiektu zgodnie z założonymi warunkami.

Zderzenia

Modelowanie zderzeń obiektów

- problem kinetyczny – wykrycie zderzenia
- problem dynamiczny – reakcja obiektów na zderzenie:
 - uwzględnienie sprężystości
 - uwzględnienie kierunku i prędkości ruchu
 - uwzględnienie tarcia
 - obliczenie nowego kierunku i prędkości ruchu obiektów po zderzeniu (metoda fizyczna albo „metoda sprężyny” umieszczanej między obiektami)

Metoda dynamiki ciał plastycznych

Soft body dynamics - metoda, która w porównaniu do metody ciał sztywnych uwzględnia również odkształcenia i uszkodzenia obiektów (zmiany rozkładu masy).

Metoda daje bardziej realistyczne efekty, jest jednak bardziej złożona obliczeniowo. Stosowana jest np. w nowszych grach.

Systemy cząsteczek

System cząsteczek (*particle system*) – zbiór dużej liczby (10^4 - 10^6) elementarnych cząsteczek (punktów w przestrzeni) o następujących cechach:

- każda cząsteczka ma pozycję początkową, prędkość i kierunek ruchu
- cząsteczka ma czas życia, po którym znika
- pozycja cząsteczki zmienia się zgodnie z zadany algorytmem
- cząsteczka może zmieniać kolor i przezroczystość

Systemy cząsteczek

Systemy cząsteczek są użyteczne przy modelowaniu ruchu takich „obiektów”, jak:

- chmury
- dym
- ogień
- woda (np. wodospad)
- rosnąca trawa
- trąba powietrzna

Dla tych obiektów metoda systemów cząsteczek jest prostsza niż animacja brył (brak określonych powierzchni). Duże wymagania pamięciowe.

Animacja behawioralna

Zachowanie się obiektów „nieożywionych” może być dość dokładnie opisane prawami fizyki.

Nie można w ten sam sposób modelować zachowania się ludzi i zwierząt – dochodzi tu czynnik indywidualny (zachowanie instynktowne oraz świadoma reakcja).

Animacja behawioralna (*behavioral animation*) bierze pod uwagę indywidualne zachowanie się istot żywych podczas ruchu.

Animacja behawioralna

Animacja behawioralna musi brać pod uwagę:

- prawa fizyki
- zjawiska stochastyczne (czynnik losowy)
- model „charakteru” obiektu
- interakcje z innymi „żywymi obiektami”

Przy tworzeniu animacji behawioralnych stosuje się m.in. algorytmy sztucznej inteligencji, np. oparte na zbiorze reguł.

Animacja postaci

Problemy animacji postaci:

- odtworzenie wyglądu postaci
- realistyczny ruch postaci (ruchy nóg)
- gestykulacja, „mowa ciała”
- animacja twarzy
 - symulacja mowy (układ ust)
 - mimika twarzy (odczucia postaci)
- ruchy poszczególnych części ciała są zależne od siebie
- indywidualizacja – różne postacie poruszają się w różny sposób

Animacja szkieletowa

Animacja szkieletowa jest metodą tworzenia animacji ludzi oraz zwierząt kręgowych.

Obiekt składa się z dwóch części:

- skóra (*skin*) - powierzchnia określająca wygląd obiektu;
- szkielet (*skeleton*) składa się z układu kości (*bones*), połączonych w strukturę hierarchiczną; służy do określenia ruchu obiektu.

Metoda daje dość realistyczną animację, problemy powstają np. przy próbie realistycznego oddania ruchów mięśni.

Łączenie hierarchiczne

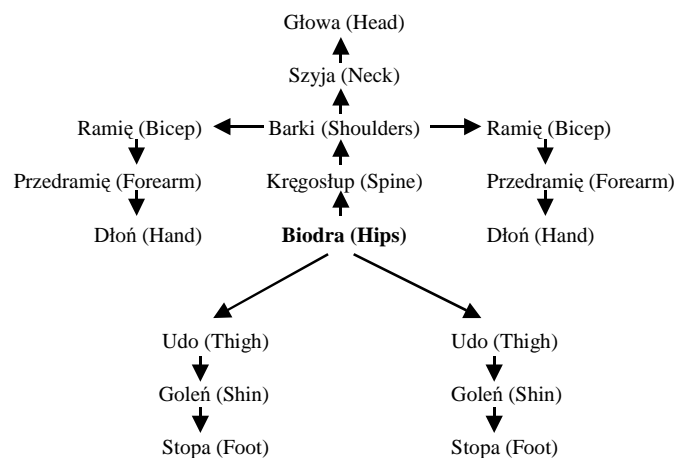
Łączenie hierarchiczne używane jest w animacji postaci do powiązania ze sobą poszczególnych segmentów postaci lub kości szkieletu.

Hierarchia pozwala określić zależności pomiędzy „rodzicem” a „potomkiem”.

- animowanie sekwencyjne (*forward kinematics*)
 - poruszając obiektem rodzicem porusza się również jego obiektami potomnymi;
- odwrotna kinematyka (*inverse kinematics*)
 - przemieszczające się obiekty potomne powodują ruch obiektów będących ich rodzicami.

Łączenie hierarchiczne

Uproszczona hierarchia obiektów ludzkiego ciała

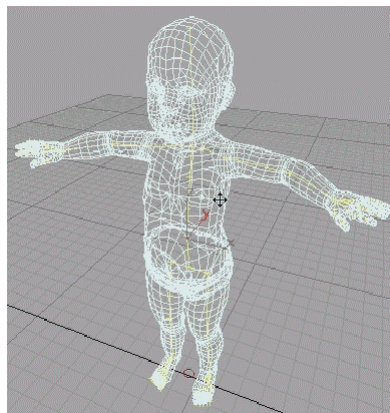


Animacja z użyciem systemu kości

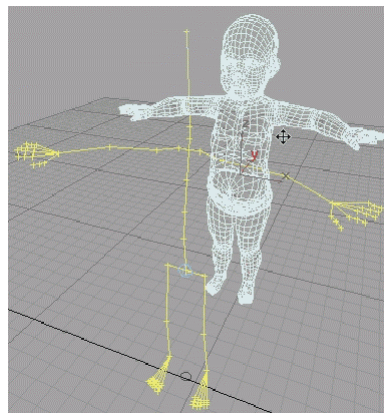
- Postać jest reprezentowana za pomocą ciągłej siatki złożonej z wielokątów.
- System kości tworzy szkielet, który pełni funkcję pomocniczą i nie jest renderowany.
- Szkielet musi zostać dokładnie dopasowany do siatki modelującej postać.
- Przy budowie szkieletu można posługiwać się połączeniami hierarchicznymi.
- Ruch postaci symulowany jest przez odkształcanie siatki pod wpływem ruchu kości szkieletu.

Animacja z użyciem systemu kości

Siatka i system kości
nałożone na siebie



Siatka i system kości
pokazane osobno



Animacja metodą morph target

Morph target lub per-vertex animation

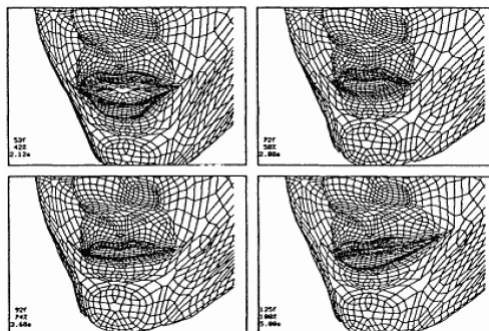
Metoda animacji alternatywna do szkieletowej.

- Definiuje się początkową i końcową pozycję wertsów siatki wielokątowej.
- Obliczane są stany pośrednie pozycji wertsów.

Metoda znacznie bardziej złożona obliczeniowo od szkieletowej, ale daje większą kontrolę nad uzyskanym efektem animacji.

Animacja twarzy

Twarz postaci reprezentowana jest za pomocą siatki wielokątów. Animacja twarzy – zmiana położenia wybranych wierzchołków siatki.



Animacja twarzy

FACS (*Facial Action Coding System*)

- opracowany w 1976 r. system klasyfikujący 46 podstawowych „wyrazów twarzy”.

Poszczególne ruchy twarzy mogą zostać zaimplementowane jako procedury modyfikujące siatkę wielokątową. Procedury te mogą być zaimplementowane sprzętowo.

Problem animacji twarzy jest bardzo istotny, ponieważ zwykle realizm animacji postaci oceniany jest na podstawie sposobu animacji twarzy tej postaci.

Motion capture

Technika *motion capture* polega na rejestrowaniu ruchów za pomocą sensorów umieszczonych na ciele aktora. Ich ruch rejestruje specjalna kamera.

Zarejestrowane przez kamerę ruchy znaczników są przenoszone do komputera. W komputerze powstaje szkielet (model ruchu), który można wykorzystać do animacji postaci wirtualnej.

Metoda ta jest powszechnie stosowana w reklamie, filmach animowanych, videoklipach i najnowszych grach komputerowych.

Animacja ragdoll

Ragdoll animation („animacja szmacianej kukły”)

- metoda stosowana do uzyskania realistycznego ruchu bezwładnej postaci.

Stosowana zwykle w grach komputerowych do animacji „zabitych wrogów” oraz np. postaci spadającej ze schodów.

Stosowana jest animacja szkieletowa, poszczególne elementy szkieletu są traktowane jak ciała sztywne.

Jest to dość prosta metoda, współczesne gry stosują bardziej zaawansowane algorytmy.

Animacje interaktywne

Interaktywne animacje stosowane są gł. w grach komputerowych, obecnie najczęściej grafika trójwymiarowa (3D), renderowana:

- główna postać (3D) – sterowana przez użytkownika
- postacie i obiekty (np. pojazdy, ptaki) sterowane przez komputer (3D)
- obiekty statyczne 3D – scenografia, np. budynki, drzewa
- statyczne tło (2D) – dalekie plany, niebo

Sterowanie zachowaniem się postaci

Zachowanie się postaci sterowanych przez program komputerowy – problem istotny przede wszystkim w grach komputerowych:

- opis zachowania się postaci za pomocą skryptów (predefiniowanych zachowań)
– zachowanie się postaci jest zbyt przewidywalne
- element losowości
- sztuczna inteligencja – reakcja postaci na sytuację (ucieczka, ukrycie się, zastawianie pułapki, itp.)

Animacja kamer i oświetlenia

Dodatkowe zwiększenie efektu wizualnego animacji komputerowej można uzyskać poprzez animację kamery i źródła światła.

Animacja kamery – zmiana położenia punktu obserwacji. Kamera może przemieszczać się po różnym torze, z różną prędkością, obracając się, zmieniając powiększenie i ostrość.

Źródło światła może zmieniać swoje położenie, barwę światła, poziom jasności, rozwartość stożka światła, itp.

Oprogramowanie do tworzenia animacji

Najczęściej stosowane oprogramowanie do tworzenia animacji komputerowych:

- *3D Studio Max*
- *Softimage|XSI* (profesjonalne zastosowania)
- *Maya*
- *LightWave 3D*
- *Blender* (darmowy)
- *Macromedia Flash* (proste animacje 2D)

W rozwiązaniach profesjonalnych często stosuje się dedykowane stacje graficzne.