

ANIMACJA KOMPUTEROWA



Animacja

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

Animacja:

- sekwencja obrazów o zmiennej zawartości,
- powiązanych w logiczną całość,
- wyświetlanych po kolei z określoną szybkością, dając wrażenie ruchu.

Każda z **ramek** (*frame*) animacji komputerowej jest tworzona metodą renderingu, tak jak statyczny obraz.

Animacja

Animacja może obejmować zmiany:

- obiektów
 - ich położenia i pozy,
 - kształtu i rozmiaru,
 - wyglądu (barwy, tekstury, itp.)
- położenia i orientacji kamery,
- położenia, orientacji i natężenia źródeł światła

Istotne jest uwzględnienie interakcji pomiędzy obiektami.

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.

Obecny trend w grach: 60 fps.

Rozmycie ruchu

- Przy tej samej liczbie fps (np. 25) wrażenie płynności ruchu w filmie fabularnym jest większe niż w animacji komputerowej.
- Z tego powodu celowo wprowadza się w animacjach komputerowych rozmycie ruchu (*motion blur*) w przypadku szybko poruszających się obiektów (lub tła).
- Rozmycie ruchu można wprowadzić stosując filtrację antyaliasingową w dziedzinie czasu (wymaga większej liczby ramek) lub rozmywając kontury obiektów i ich tekstury.

Rozmycie ruchu

Dlaczego jest potrzebne?

- „Prawdziwa kamera” rejestruje obraz używając pewnego czasu naświetlania, np. $1/500$ s. Ruch obiektu w tym czasie jest rozmywany w naturalny sposób.
- Rendering komputerowy odpowiada kamerze o zerowym (nieskończenie małym) czasie naświetlania. Nie ma rozmycia ruchu.
- Rejestracja ruchu w dyskretnych punktach czasu powoduje skokowy ruch obiektu.
- Potrzebne jest więc sztuczne rozmycie.

Animacja czasu rzeczywistego i off-line

Animacja komputerowa **czasu rzeczywistego**:

- ramki generowane na bieżąco,
- nie można przewidzieć zawartości animacji,
- duża szybkość obliczeń, kosztem realizmu,
- przykład: gry komputerowe.

Animacja tworzona w trybie **off-line**:

- kolejne ramki zapisywane są np. do pliku,
- treść jest znana z góry,
- fotorealizm obrazu, czas jest nieistotny,
- przykład: filmy animowane, *cutscenes*.

Animacja realistyczna i stylizowana

Pod względem założeń i celu:

- animacja **realistyczna**
 - odwzorowuje świat realny tak dokładnie, jak to możliwe, uwzględnia prawa fizyki, itp. (np. gry komputerowe, symulatory)
- animacja **stylizowana**
 - dozwolone są wszelkie odstępstwa od rzeczywistości i tworzenie własnych reguł, postacie mogą być przerysowane, itp. (np. filmy animowane)

Animacja poklatkowa

Klasyczny sposób tworzenia animacji:

- każda klatka obrazu jest tworzona osobno, niezależnie od innych,
- zaleta: mamy dokładną kontrolę nad każdym etapem animacji,
- wada: bardzo pracochłonna,
- zastosowanie komputerów pozwala uprościć pracę poprzez wielokrotne wykorzystanie elementów i łatwość przekształceń.

Tradycyjna animacja poklatkowa

„Analogowe” metody animacji:

filmy rysunkowe



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.

Ramki kluczowe

Technika **ramek kluczowych** (*tweening*):

- **ramki kluczowe** (*key frames*) definiują ważne fazy ruchu obiektów, są tworzone przez grafika
- **ramki pośrednie** są interpolowane na podstawie ramek kluczowych
- zastosowanie komputerów pozwala automatycznie obliczać interpolowane ramki
- sposób interpolacji może być ustalany i korygowany przez grafika

Zmienne animacji

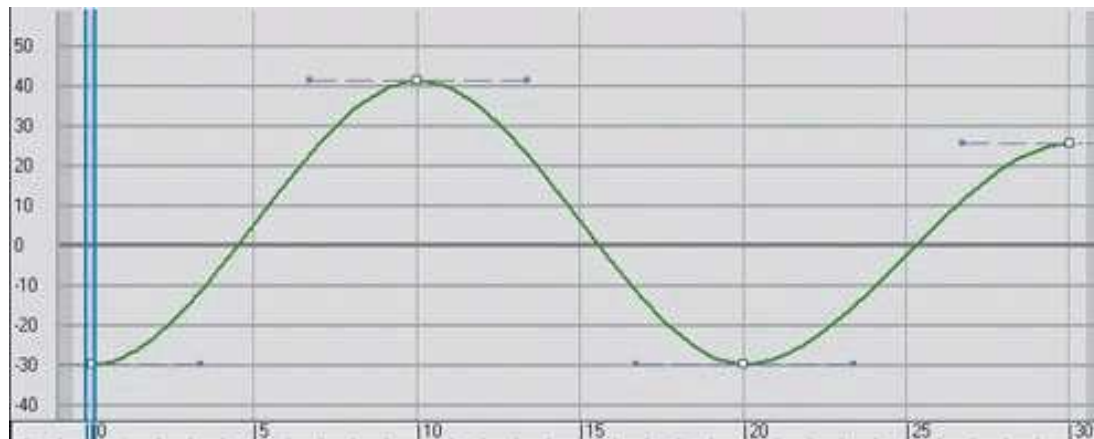
- Punktem wyjściowym do animacji jest obiekt statyczny (np. model postaci).
- Definiuje się **zmienne animacji** (*avars*), kontrolujące zmiany położenia fragmentów obiektu (np. wybranych werteksów siatki).
- Następnie definiuje się kluczowe klatki animacji.
- Pozostałe klatki są interpolowane.
- Np. zmienne dla werteksu: położenie (x,y,z) , orientacja (rx,ry,rz) , skala (sx,sy,sz)

Ścieżki i wykresy ruchu

Wykres ruchu (*motion graph*) definiuje wartości zmiennych w kolejnych klatkach.

Wykresy mogą definiować np.:

- położenie obiektu,
- prędkość ruchu,
- obrót (zmiany pozy), itp.



Metoda kinematyczna i fizyczna

Metoda kinematyczna:

- samodzielnie 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, według pewnego modelu
- zastosowanie: np. gry, symulacje zjawisk

Animacja proceduralna

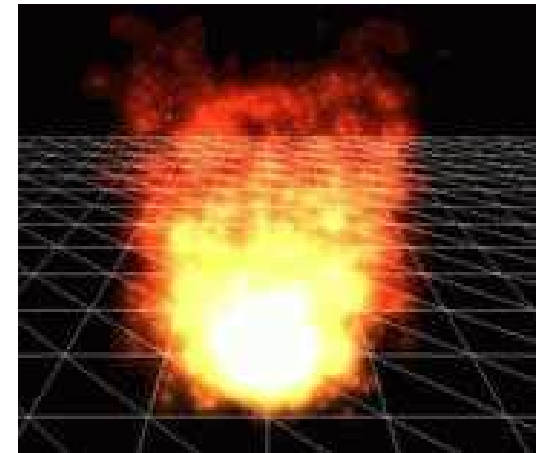
Animacja proceduralna (*procedural animation*) to metoda tworzenia animacji, w której poszczególne klatki animacji oblicza się przy użyciu procedur – algorytmów (skryptów), np. opartych na prawach fizyki.

Przykładowe zastosowania:

- symulator gry w bilard,
- modelowanie systemów fizycznych,
- systemy cząsteczkowe

Systemy cząsteczkowe

- System cząsteczkowe (*particle system*)
 - stosowane są do animacji zjawisk takich jak ogień, mgła, fajerwerki, deszcz, itp.
- Animacja polega na obliczeniu stanu (położenia, wyglądu) cząsteczek wysyłanych przez emiter.
- Zadawane są parametry początkowe.
- Obliczenia wykonywane są przez model proceduralny danego systemu.
- W obliczonych miejscach obrazu rysowane są cząstki (np. małe tekstury).



Systemy cząsteczkowe

Przykład działania – np. ogień:

- opis cząstki: pozycja, prędkość, temperatura
- emiter (ognisko) wyrzuca cząstki z określoną prędkością i w pewnym zakresie kątów
- pozycja i prędkość cząstek jest obliczana na podstawie modelu dynamicznego + czynnika losowego
- temperatura jest zmniejszana z czasem, gdy spadnie poniżej poziomu – cząstka umiera
- rysowanie cząstek w obliczonym miejscu, temperatura wyznacza barwę

Symulacja zjawisk fizycznych

Fizyczny model ruchu obiektu pod wpływem działających na niego sił:

- wymuszenie (przyłożona siła),
- prędkość, przyspieszenie (model dynamiczny)
- grawitacja
- tarcie
- sprężystość (zderzenia, odbicia)
- trwałe odkształcenia, uszkodzenia, itp.

Model fizyczny jest szczególnym przypadkiem animacji proceduralnej.

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 animacji:

- sformułowanie modelu fizycznego,
- nadajemy warunki początkowe,
- komputer oblicza ruch obiektów.

Przykład: zachowanie się kul bilardowych

Dynamika ciał sztywnych

- *Rigid body dynamics*, 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.
- Uproszczona metoda, ale sprawdza się w niektórych zastosowaniach (np. symulator gry w bilard czy wyścigi samochodowe).

Dynamika ciał plastycznych

- *Soft body dynamics* – uwzględnia to, co model brył sztywnych, ale także:
 - odkształcenia chwilowe (plastyczność),
 - odkształcenia trwałe (uszkodzenia obiektów).
- Metoda daje bardziej realistyczne efekty, np. animacja odbicia piłki od podłogi.
- Jest bardziej złożona obliczeniowo.
- Wymaga deformowania modeli obiektów oraz realistycznego odwzorowania wpływu siły na kształt obiektu.

Ograniczenia ruchu

- Zwykle nakładamy pewne ograniczenia (*constraints*) na ruch obiektów.
- Proste ograniczenia – np. obiekt nie może przeniknąć przez ścianę,
- Złożone ograniczenia:
 - ograniczenie obszaru ruchu, np. kąta obrotu kości w stawach,
 - powiązanie ruchu obiektów względem siebie, ruch jednego obiektu wywołuje ruch drugiego, np. części dźwigu, samochód z przyczepą.

Zderzenia (kolizje)

Modelowanie zderzeń obiektów:

- problem statyczny – **wykrycie** zderzenia,
- problem dynamiczny – **reakcja** obiektów na zderzenie:
 - uwzględnienie kierunku i prędkości ruchu
 - uwzględnienie sprężystości
 - uwzględnienie tarcia
 - obliczenie nowego kierunku i prędkości ruchu obiektów po zderzeniu (np. metoda „sprężyny” umieszczanej między obiektami)

Zderzenia (kolizje)

Przykładowa implementacja detekcji kolizji:

- każdy obiekt jest „zamykany” w prostopadłościanie,
- porównywanie „skrzynek” różnych obiektów - prosty test na przecinanie się,
- jeżeli wykryto część wspólną, przeprowadza się dokładniejszą analizę, np. wszystkich werteksów obiektów (można uprościć sprawę pomijając całkowicie ten krok),
- wykrycie kolizji – zastosowanie modelu, np. fizycznego, do reakcji na zderzenie.

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)
- indywidualizacja – różne postacie zachowują się w różny sposób

Animacja szkieletowa

Animacja szkieletowa jest stosowana do odwzorowania ruchu osób, zwierząt, „stworów”.

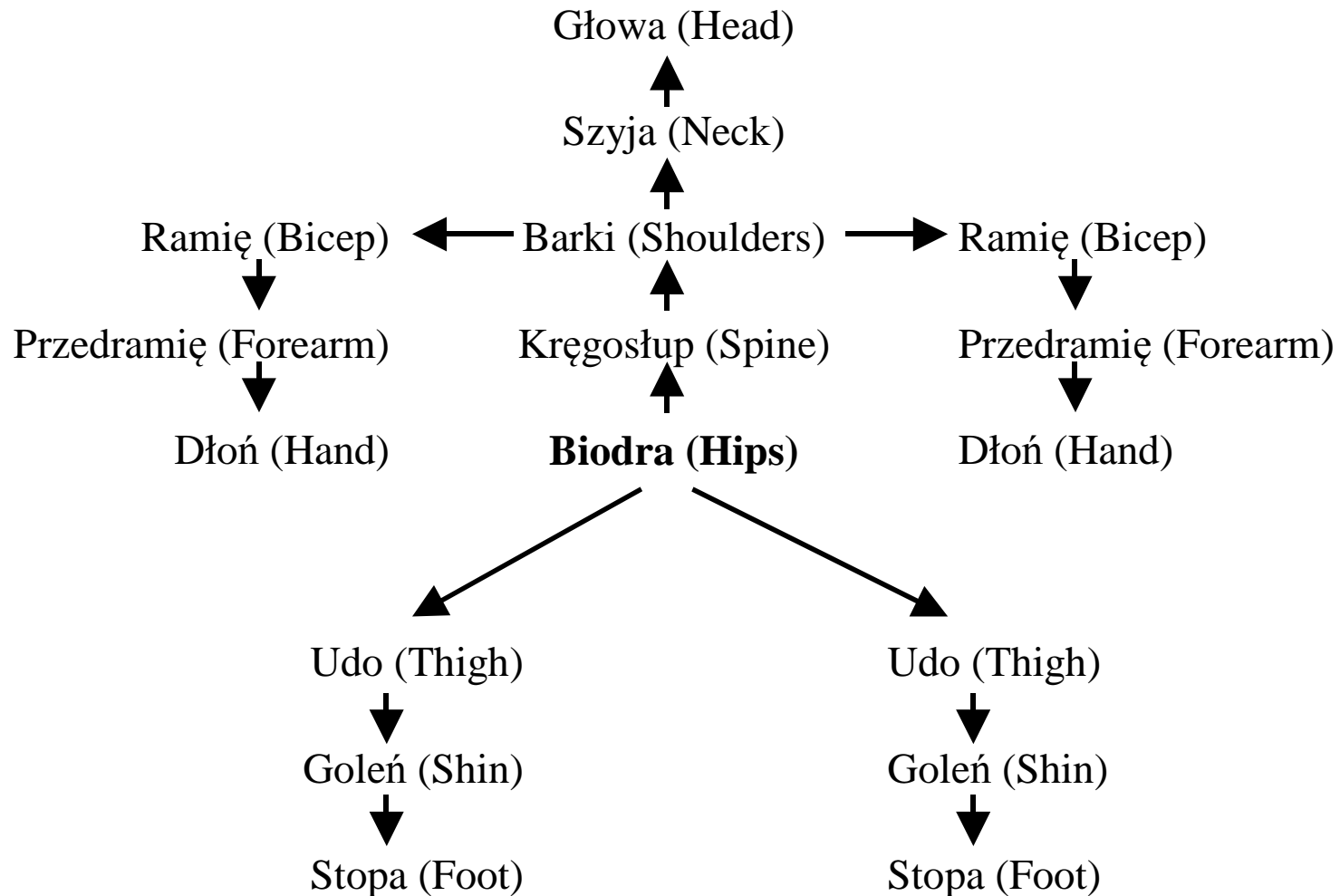
Obiekt składa się z dwóch części:

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

Ruch kości szkieletu jest przenoszony na skórę.

Animacja szkieletowa

Uproszczona hierarchia kości szkieletu



Łączenie hierarchiczne

Łączenie hierarchiczne ustala zależności pomiędzy „rodzicem” a „potomkiem” w szkielecie:

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

Nakładane są też **ograniczenia ruchu**, np. na zakres obrotu kości w stawie.

Animacja szkieletowa

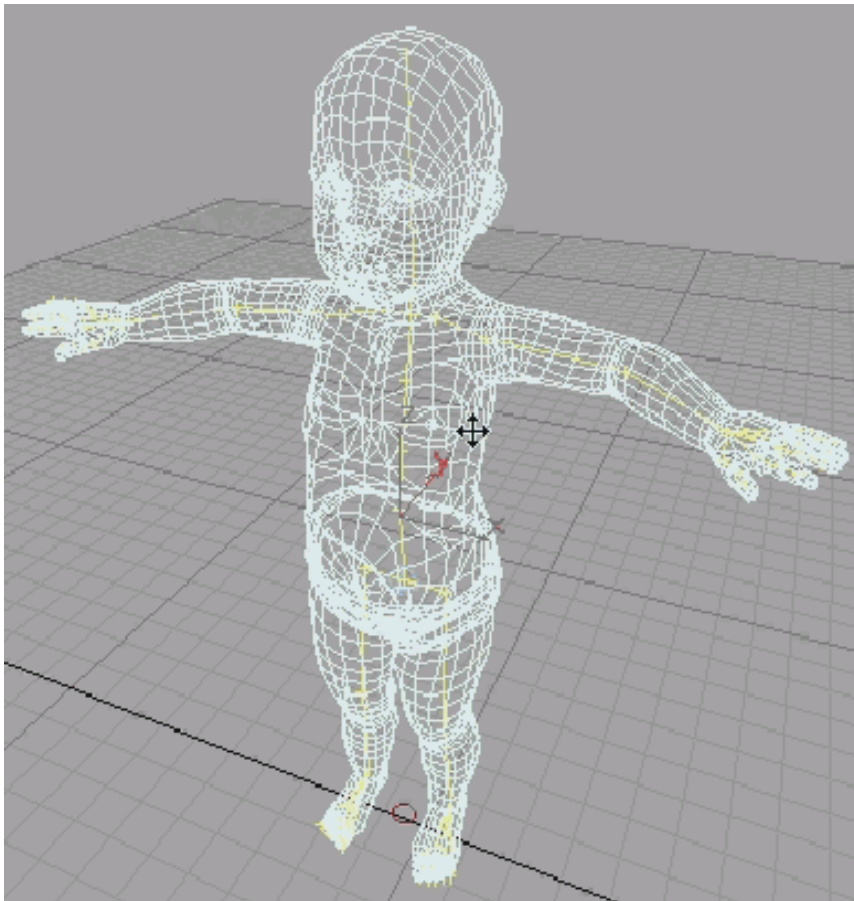
- Obie metody animacji szkieletu są stosowane, często równocześnie. Wybieramy tę metodę, która pozwoli nam uzyskać efekt prościej.
- Jeżeli ruch jest ukierunkowany, np. chwytanie za klamkę, prościej jest zastosować kinematykę odwrotną.
- Dla animacji siadania na krześle, lepsza będzie metoda sekwencyjna.

Animacja z użyciem systemu kości

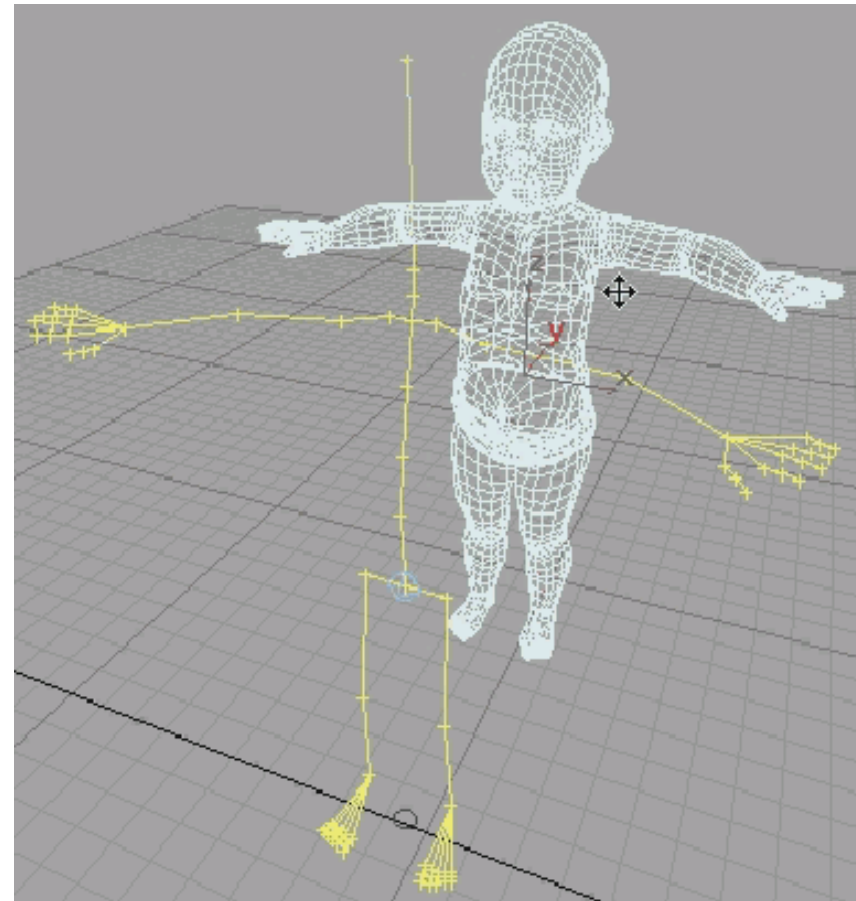
- **Rigowanie** (*rigging*) polega na powiązaniu ruchu szkieletu z ruchem siatki opisującej animowany obiekt.
- **Wagi** (*weight*) opisują w jakim stopniu (od 0 do 1) ruch kości szkieletu jest przenoszony na ruch werteksu siatki.
- Wagi są „malowane” w programie do modelowania (kolor obrazuje wagę). Tworzone są **obwiednie** (*envelope*).
- Płynne zmiany wag pozwalają uniknąć nienaturalnego odkształcania siatki.

Animacja z użyciem systemu kości

Siatka i system kości
nałożone na siebie



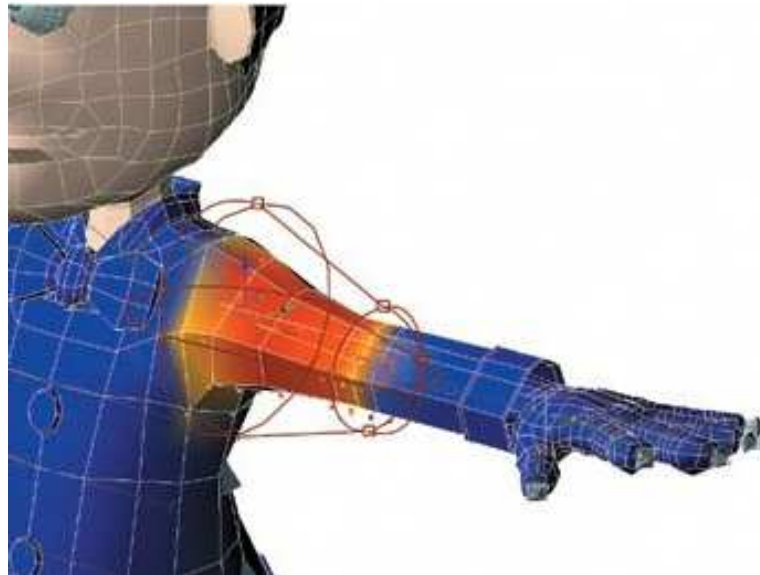
Siatka i system kości
pokazane osobno



Animacja z użyciem systemu kości

Efekt rigowania: barwa opisuje wpływ zaznaczonej kości na werteksy siatki.

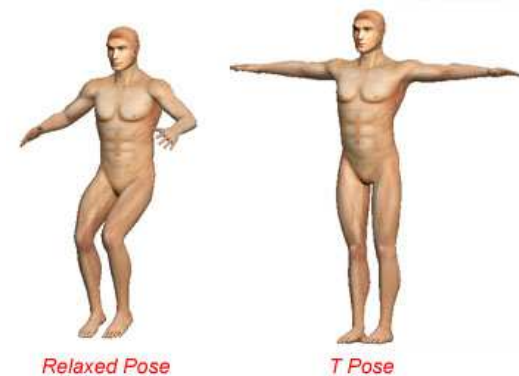
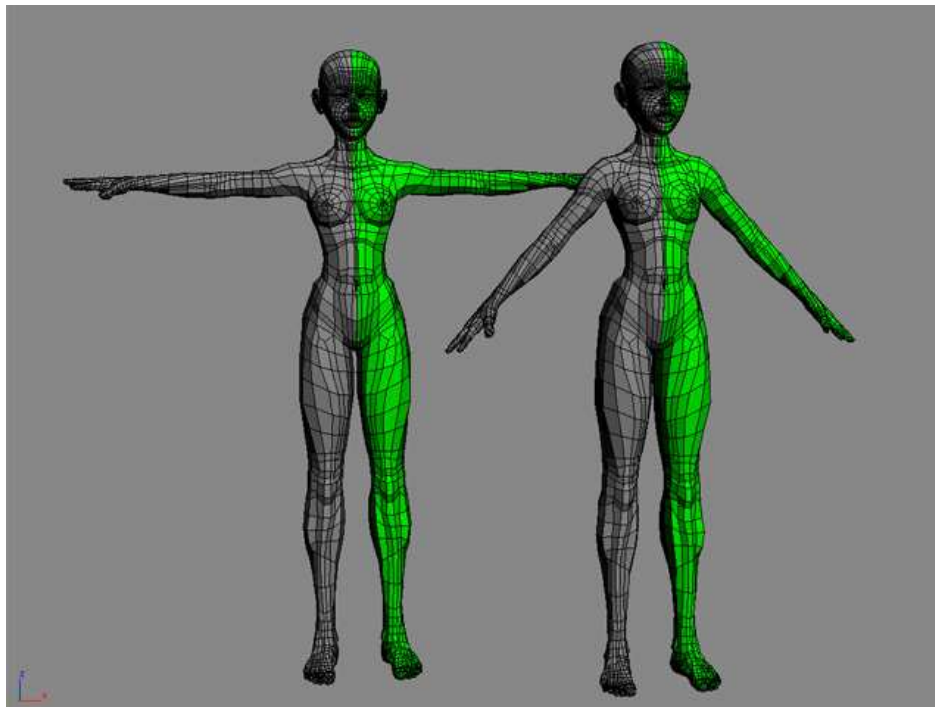
- Kolor czerwony – największy wpływ.
- Kolor pomarańczowy i żółty – mniejsze wagi.
- Kolor niebieski – brak wpływu.



Animacja z użyciem systemu kości

Postacie, które będą animowane, są najczęściej modelowane w jednej z pozycji referencyjnych:

- pozycja T (*T-pose*) – ręce pod kątem 90°
- pozycja A (*A-pose*) – ręce pod kątem 45°
- pozycja rozluźniona (*relaxed pose*)



Animacja metodą morph target

Morph target lub *per-vertex animation*:

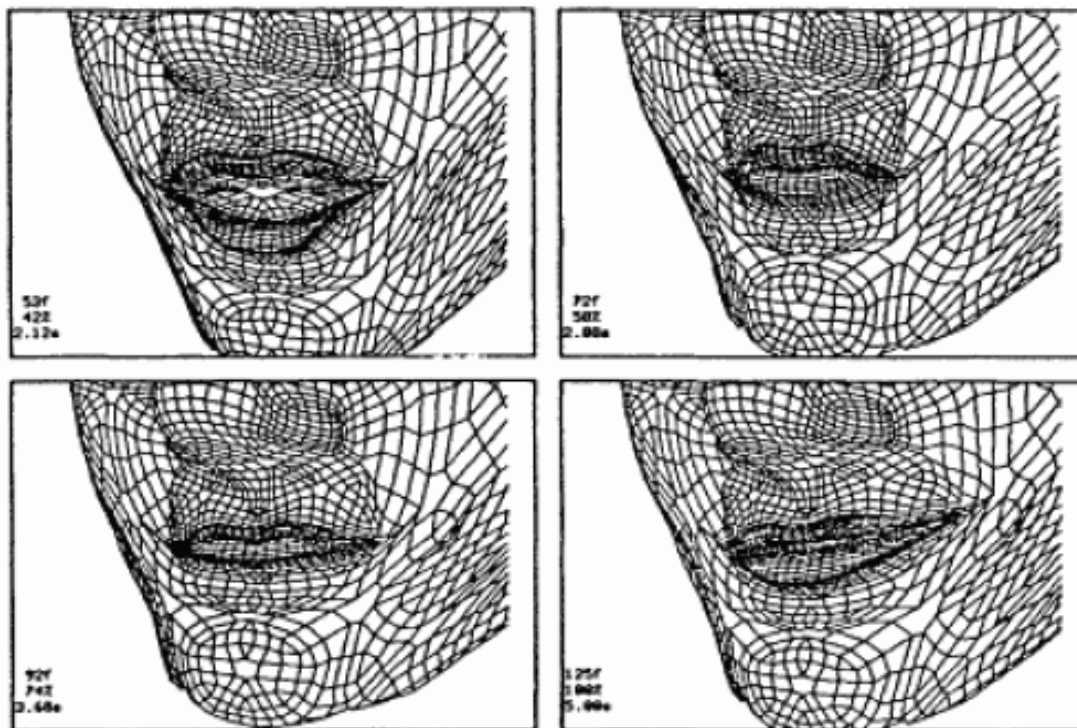
metoda animacji stosowana jako uzupełnienie szkieletowej, głównie do animacji twarzy.

- Definiuje się początkową i końcową pozycję werteksów siatki wielokątowej.
- Obliczane są stany pośrednie pozycji werteksów (interpolacja).

Przykład: morphing „twarz neutralna”
→ „twarz uśmiechnięta”.

Animacja twarzy

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



Animacja ragdoll

- *Ragdoll animation* („animacja szmacianej lalki”) - uproszczona animacja szkieletowa.
- Jest stosowana do uzyskania animacji ruchu bezwładnej postaci.
- Reakcja obiektu na przyłożoną siłę jest obliczana za pomocą modelu fizycznego.
- Metoda była stosowana w starszych grach komputerowych do animacji „zabitych wrogów” czy postaci spadającej ze schodów.
- Obecnie stosuje się dokładniejsze modele.

Motion capture

- Technika *motion capture* polega na rejestrowaniu ruchów aktora za pomocą znaczników umieszczonych na kombinezonie. Ich ruch rejestruje specjalna kamera.
- Zarejestrowane ruchy znaczników są przenoszone na szkielet postaci.
- Metoda ta jest powszechnie stosowana we współczesnych filmach animowanych, grach komputerowych, reklamach, itp.
- Bardzo łatwa metoda – zamiast projektować ruch obiektu, po prostu go nagrywamy.

Performance capture

- Współczesne techniki stosują rejestrację nie tylko ruchu aktora, ale także mimiki, ruchów ust przy mówieniu, itp.
- Stosowane są specjalne znaczniki (farby) nakładane na twarz aktora.
- Pozwala to uzyskać realistyczną animację twarzy komputerowej postaci.
- Mówimy tu o rejestracji „gry” żywego aktora - *performance capture*.
- Dzięki temu można wprowadzić do filmu animowanego lub gry postacie, które wyglądają i zachowują się jak żywy aktor.

Animacje interaktywne

Interaktywne animacje stosowane są w grach komputerowych. Główna cecha: nie możemy z góry przewidzieć przebiegu animacji.

Obiekty animacji interaktywnej:

- główna postać (interaktywna) – zachowanie zależne od sterowania przez gracza oraz interakcji z innymi obiektami,
- postacie i „stwory” sterowane przez komputer (NPC – *non-playable characters*)
 - zachowanie opisane przez skrypty i modele,
- obiekty statyczne i tło 2D – interakcje z postaciami.

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 ma oddać indywidualny charakter każdej postaci komputerowej.

Animacja behawioralna

Przykłady animacji behawioralnej.

- Skrypty: określone warunki → zdefiniowana reakcja. Wynik: postacie NPC zachowują się w sposób łatwy do przewidzenia.
- Kilka alternatywnych skryptów, losowy wybór – wprowadzamy pewne zróżnicowanie.
- Zastosowanie modeli sztucznej inteligencji, z pewnym czynnikiem losowym. Analiza warunków panujących w otoczeniu, na tej podstawie podjęcie decyzji. Dostosowanie zachowania się NPC do sposobu sterowania postacią bohatera przez gracza.

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.

Aby animacja była realistyczna, nie wystarczy sama technika, animowana postać musi grać tak jak prawdziwy aktor!

Animacja kamer i oświetlenia

- Efekt animacji możemy uzyskać nawet wtedy, gdy scena pozostaje zupełnie niezmienna.
- Animacja kamery – zmiana położenia punktu obserwacji. Kamera może przemieszczać się po różnym torze, z różną prędkością, obracając się, zmieniając zoom i ostrość. Przykład: animacja „z lotu ptaka”.
- Źródło światła może zmieniać swoje położenie, barwę światła, energię, obszar emisji, itp. Przykłady: obrotowy reflektor, światła na dyskotecce.

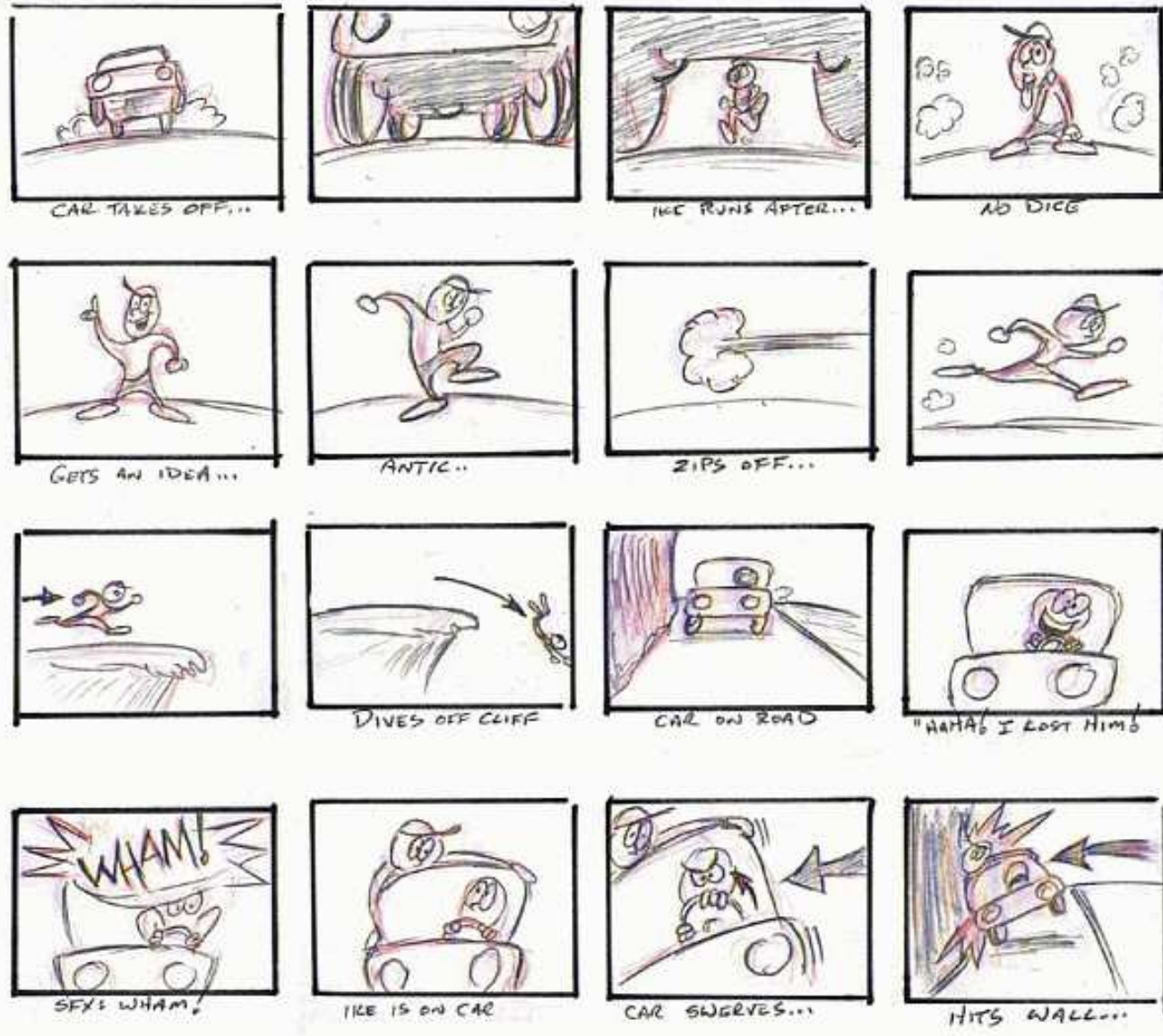
Tworzenie filmu animowanego

Wstępny etap tworzenia filmu:

- powstaje scenorys (*storyboard*)
 - *story artist* rozrysowuje sceny na papierze
- szkice papierowe postaci i obiektów (makiety)
 - później są wykorzystywane do tworzenia modeli w komputerze
- modele trójwymiarowe – „rzeźby” z polimerów (*sculpey*) – następnie przenoszone do oprogramowania 3D

Etapy wstępne zwykle wykonują graficy (dział grafiki koncepcyjnej), bez stosowania komputerów.

Storyboard - przykład



Tworzenie filmu animowanego

- Dyrektor artystyczny (*art director*) kieruje pracami grafików.
- *Character designers* projektują postacie na papierze lub modelują rzeźby.
- *Character modelers* tworzą w komputerze modele 3D postaci.
- *Texture painter* tworzy tekstury obiektów.
- *Set/prop modelers* tworzą modele scenerii i rekwizytów.
- *Compositor* – rozmieszcza postacie, dekoracje i inne obiekty na scenie – definiuje *layout*

Graficy techniczni

TD – *Technical director* – grafik techniczny

- *character TD* – animacja postaci, rigowanie
- *lighting TD* – oświetlenie sceny
- *shader TD* – tworzenie shaderów, czyli programów do przekształceń obiektów i do cieniowania
- *effects TD* – tworzenie efektów (np. deszcz, płynąca woda)

Graficy techniczni pracują już z użyciem komputerów. Oprogramowanie jest często pisane specjalnie na potrzeby filmu.

Animatik

- Animatik (*animatic* lub *story reel*) jest to demonstracyjna wersja animacji (*preview*).
- Obejmuje zwykle początkowy fragment filmu (20-30 minut, wyrenderowany w sposób uproszczony).
- Czasem powstaje kilka wersji animatiku.
- Służy do weryfikacji dotychczasowej koncepcji filmu.
- Po akceptacji animatiku, stopniowo przeobraża się on w pełny film.

Zgrywanie materiału

- Po zatwierdzeniu efektów, renderowane są poszczególne klatki filmu.
- Stosuje się metody oświetlenia globalnego.
- Obliczenia są wykonywane przy użyciu „superkomputera” (farmy komputerów).
- Wiele klatek jest renderowanych równolegle.
- Wyrenderowane klatki są łączone w film.
- Pozostaje dodanie dialogów, efektów dźwiękowych oraz tła muzycznego.

Tworzenie filmu animowanego

