

СОФИЙСКИ УНИВЕРСИТЕТ
„СВ. КЛИМЕНТ ОХРИДСКИ“



Деформации

ТЕМА №26

Съдържание

Тема 26: Деформации

- Деформации
- Деформация чрез слоеве
- Деформация чрез обхващащ куб
- Деформации чрез кожа върху скелет

Деформации

Деформация

Вместо дефиниция

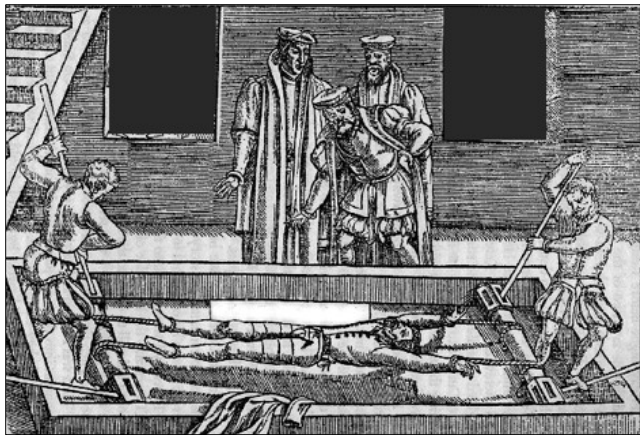
- Нелинейна промяна на фóрмата на обект
- Като резултат най-често прави и отсечки се деформират до криви прави (въх!) и криви отсечки

Примери

- Разпъване, извиване и усукване
- Надуване и смачкване

Разпъване, извиване, усукване, ...

- Познати са от векове
- Няма да се използват тук в този им вид



Реализация в КГ

Методи на реализация

- Чрез разслояване на обекта на много слоеве и тяхната линейна трансформация
- Чрез деформация на обхващащ куб
- Чрез кожа върху скелет

Деформация
чрез слоеве

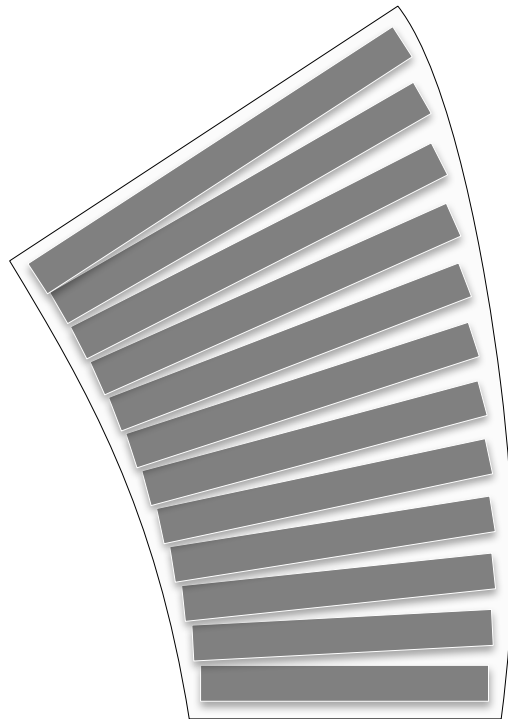
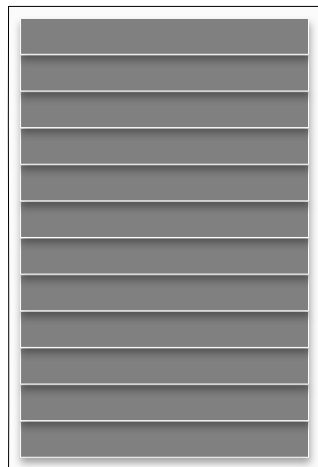
Итеративни обекти

Дефиниция

- Съставни обекти от множество по-малки обекти
- Съставният обект се деформира нелинейно, чрез линейна трансформация на по-малките обекти

Допълнение

- Често по-малките обекти са еднотипни



Свойства

- Лесно се дефинират с трансформации
- Лесно се анимират

Подобно на скелетите

- Слоевете са система от свързани елементи
- Промяна на елемент променя закачените към него
- Гръбначният стълб е на този принцип

Конструиране

- Създаване на базов слой
- Итерация чрез размножаване на базовия слой
- Деформация чрез плавна трансформация на слоевете

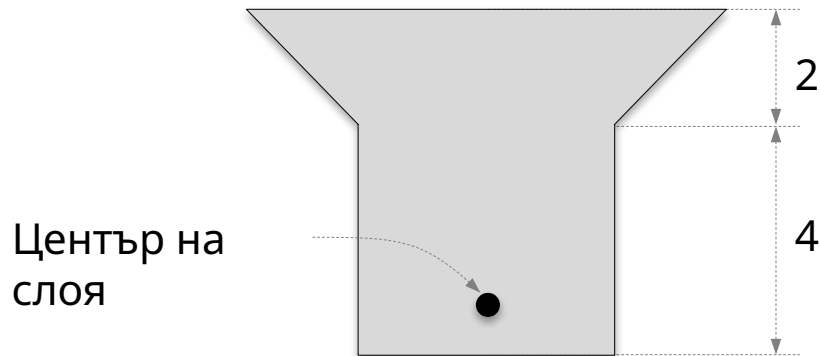
Пример

- Създаване на далекоизточна пагода
- Всеки етаж е самостоятелен слой



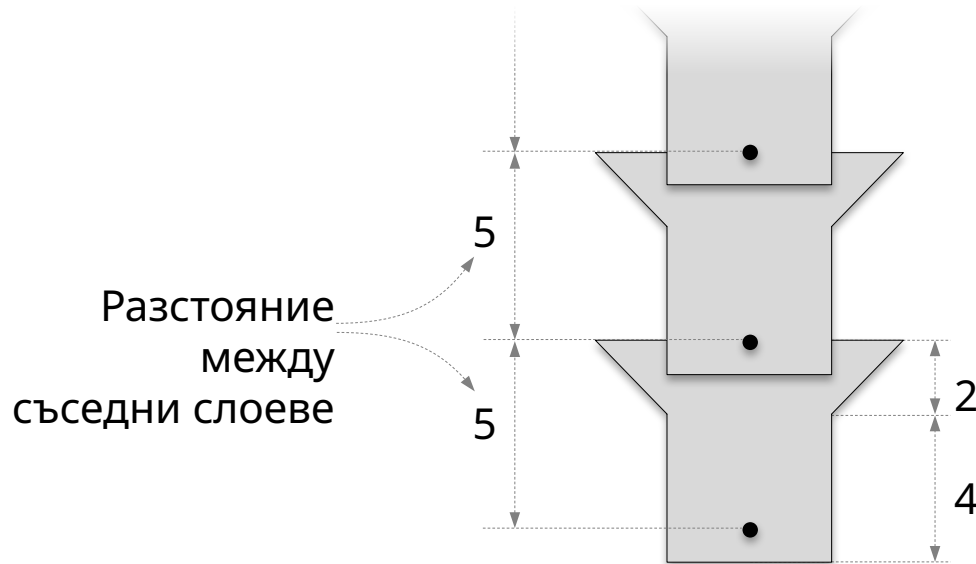
Конструиране на първи етаж

- Всеки слой ще е един етаж
- Базовият слой е с два графични обекта



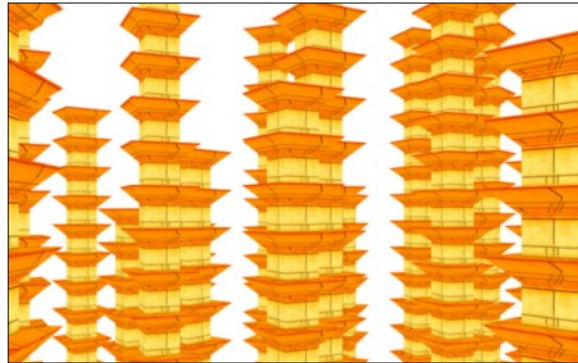
Конструиране на другите етажи

- Чрез клониране на първия етаж
- Трансформацията е транслация по Y
- Всички трансформации са спрямо центъра на слоя



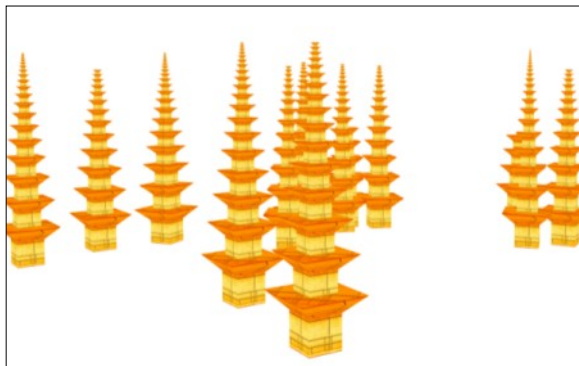
Примерен модел

- Параметър за брой етажи
- Възможност за конструиране на различно високи пагоди



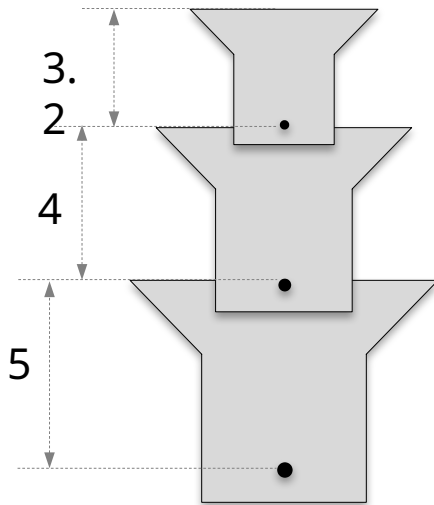
Трансформиране с мащабиране

- Всеки слой е по-малък от предходния слой
- Вероятно може да се опише като *пагодизиране*



Разстояния между етажите

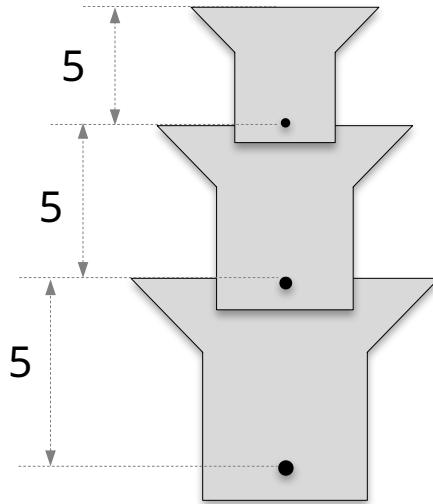
- Ако коефициентът на смаляване е 0.8, то разстоянията между етажите намаляват $5 \rightarrow 4 \rightarrow 3.2 \rightarrow 2.56 \rightarrow 2.05 \rightarrow \dots$
- Получават се без да се пресмятат!



Ето как

- Всеки етаж си има собствена координатна система
- Мащабират се не размерите, а самите координатни системи, а от там и всичко в тях

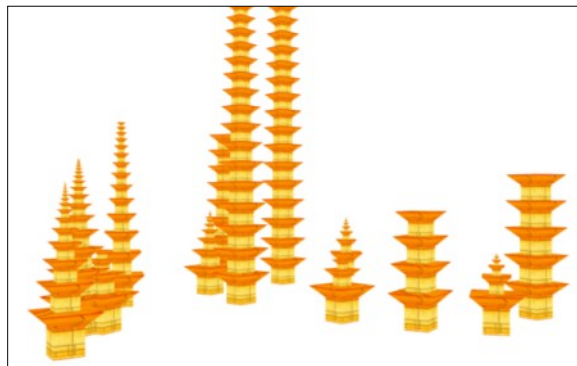
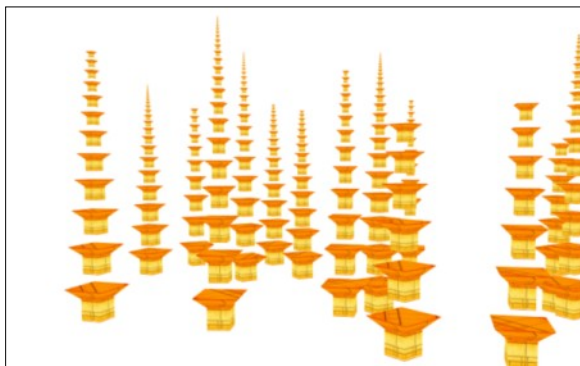
Етажите се смаляват,
но те не го разбират



Анимация

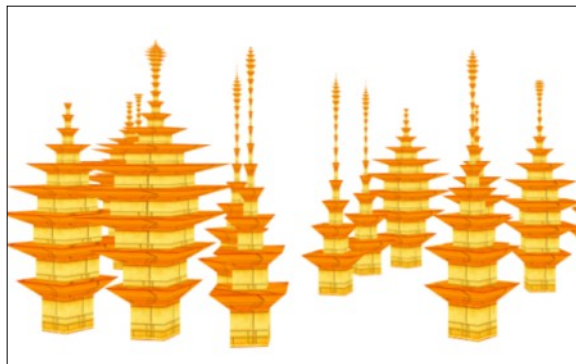
Анимация с трансформации

- Анимация на транслацията
- Анимация на мащабирането



Още за мащабирането

- Мащабиране с вектор $\vec{M} = (m_x, m_y, m_z)$
- Променлив мащаб за слой n и момент t :
 $m(t, n) = a + b \sin(k_1 t + k_2 n + k_3)$
 $\vec{M}(t, n) = (m(t, n), c, m(t, n))$



Ротация по една ос

- Ротацията също е вектор $\vec{R} = (r_x, r_y, r_z)$
- Усукване $\vec{R}(t) = (0, a \sin kt, 0)$
- Навиване $\vec{R}(t) = (a \sin kt, 0, 0)$



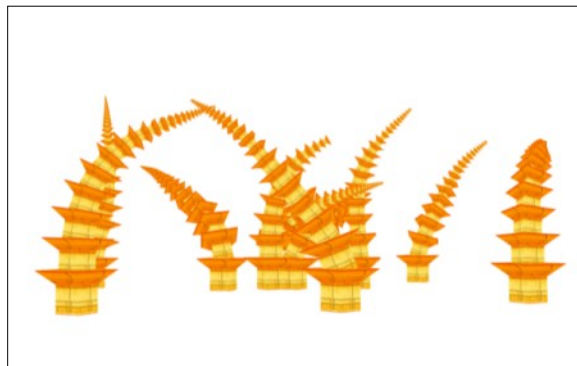
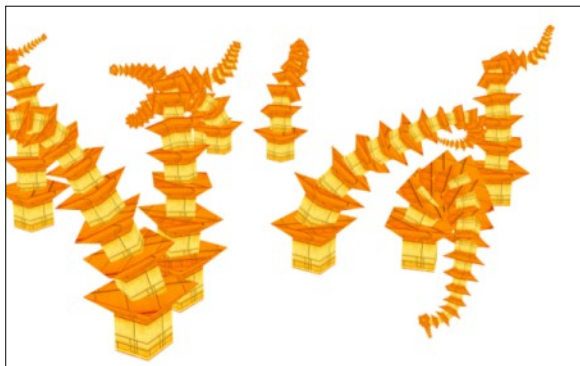
Комбиниране на въртения

- Пипало с въртене около всички оси

$$\vec{R}(t) = (a_1 \sin k_1 t, a_2 \sin k_2 t, a_3 \sin k_3 t)$$

- Камшик с втвърдяване към върха

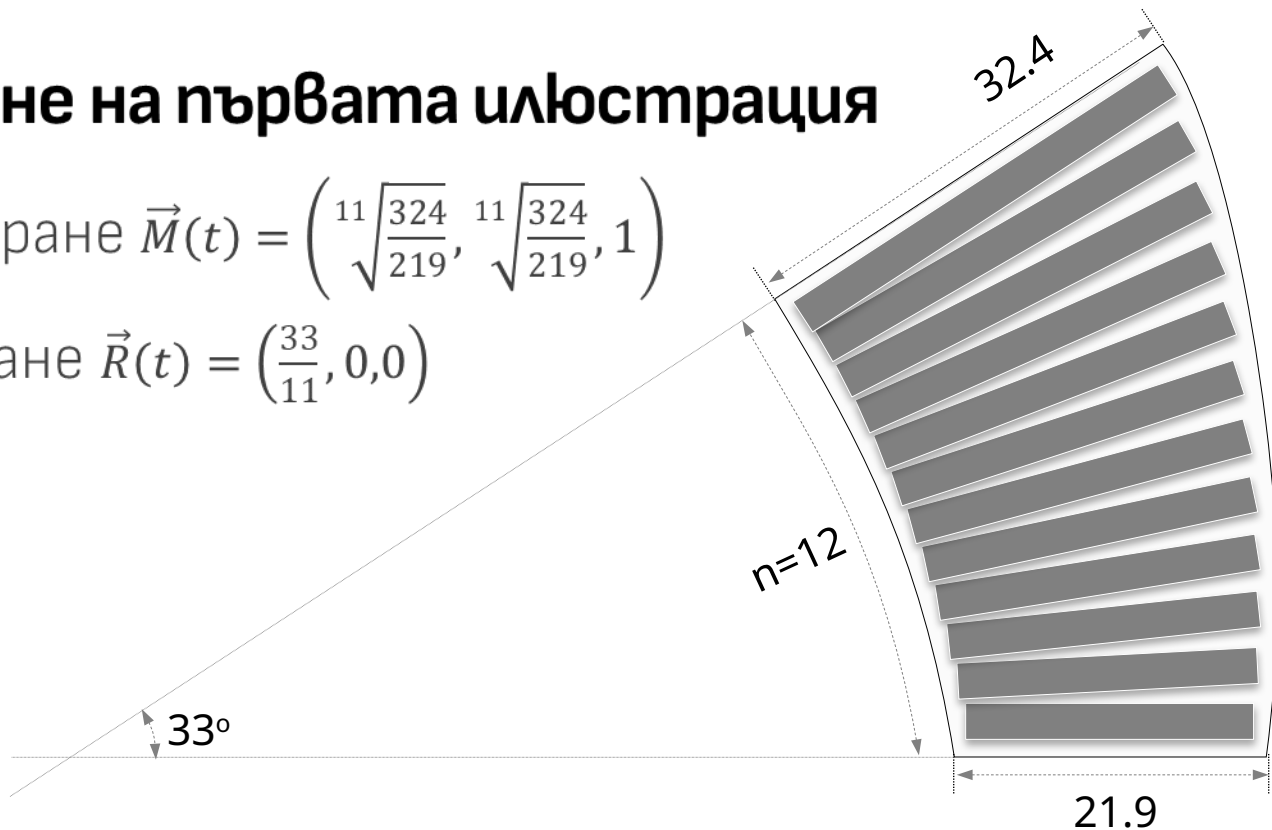
$$\vec{R}(t, n) = 0.9^n (a_1 \sin k_1 t, a_2 \sin k_2 t, a_3 \sin k_3 t)$$



Задача

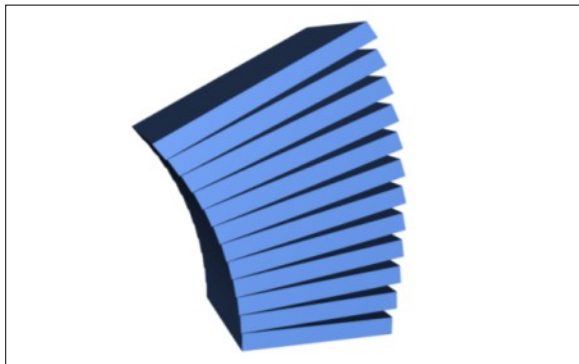
Пресъздаване на първата илюстрация

- Мащабиране $\vec{M}(t) = \left(\sqrt[11]{\frac{324}{219}}, \sqrt[11]{\frac{324}{219}}, 1 \right)$
- Завъртане $\vec{R}(t) = \left(\frac{33}{11}, 0, 0 \right)$



Резултат

- Статичен деформиран обект
- Анимация на деформацията



Вложени обекти

Деформиране по слоеве

- Приложимо над част от обектите: влияе на обекти, които не са част от самата деформация



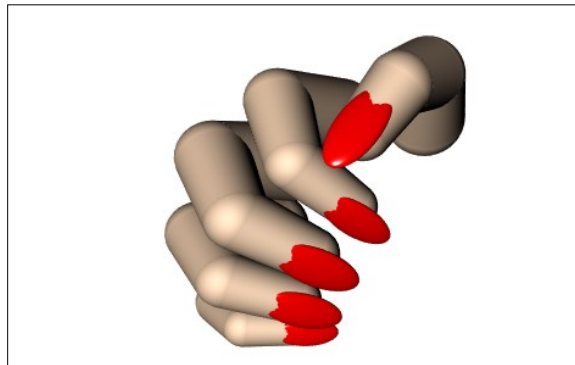
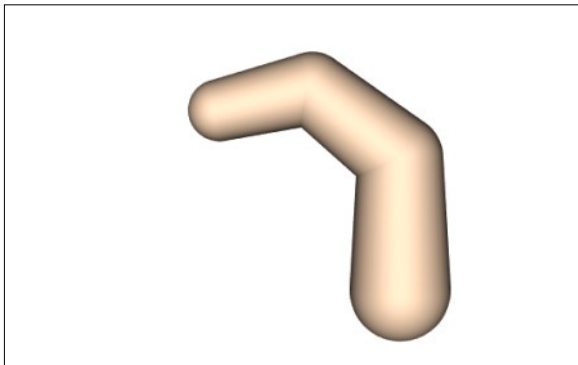
Рекурсия

- Обекти с една деформация на слоевете са закачени към други слоеве с друга деформация



Скелети

- Вложени обекти като начин за реализиране на скелети: единичен пръст и на ръка с пет пръста



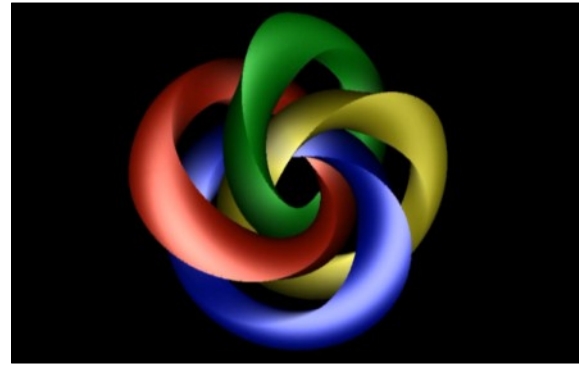
Примери с деформации

- Ларнийски декапод (със скелет)
- Разрязване на тор (без скелет)



"Larnaeen Decapus"

http://youtu.be/j_Iz26zEX1o



"Cutting a torus"

<http://youtu.be/drFBhFbRL5E>

Деформация
чрез обхващащ куб

Обхващащ куб

Това е куб

- Съдържа в себе си 3D обект
- Кубът е обхващащ за този обект
- Не се изисква да е минималният куб

Действия

- Деформира се кубът
- Деформира се всичко в него

Най-близка представа

- Изкривяване на пространството при силно гравитационно поле
- Кубът е в ролята на изкривеното пространство

На английски

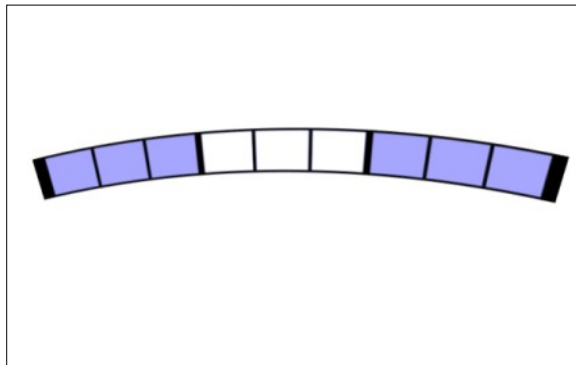
- FFD – Free form deformation

Генериране на криво пространство

- Различни методи, подобни на генерирането на криви и повърхнини, но вече в 3D

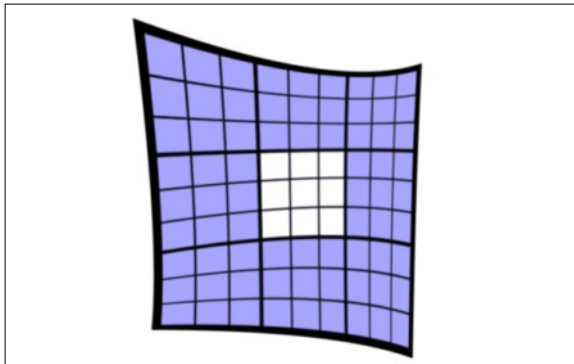
Интерполация при криви

- Реализира се като 1D интерполация на редица от контролни точки
- Равносилно на интерполация между две точки



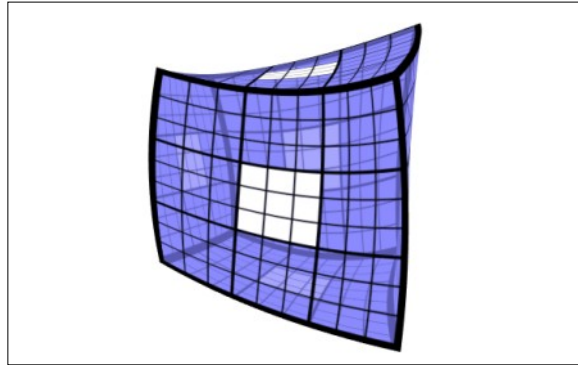
Интерполация при повърхнини

- Реализира се като 2D интерполация на квадрат от контролни точки
- Равносилно на интерполация между две криви



Интерполация при обеми

- Реализира се като 3D интерполация на куб пак от контролни точки
- Равносилно на интерполация между две повърхнини



Пример

Ротационно тяло – синусова бутилка

- Нарисувана в евклидов куб
- И в силно деформиран куб



Направа чрез пространство на Безие

- Крива на Безие:

$$p(u) = \sum_{i=0}^n B_i^n(u) P_i$$

- Повърхнина на Безие

$$p(u, v) = \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^n B_i^n(u) B_j^n(v) P_{ij}$$

- Пространство на Безие

$$p(u, v, w) = \sum_i^n \sum_{j=0}^n \sum_k^n B_i^n(u) B_j^n(v) B_k^n(w) P_{ijk}$$

Деформации чрез
кожа върху скелет

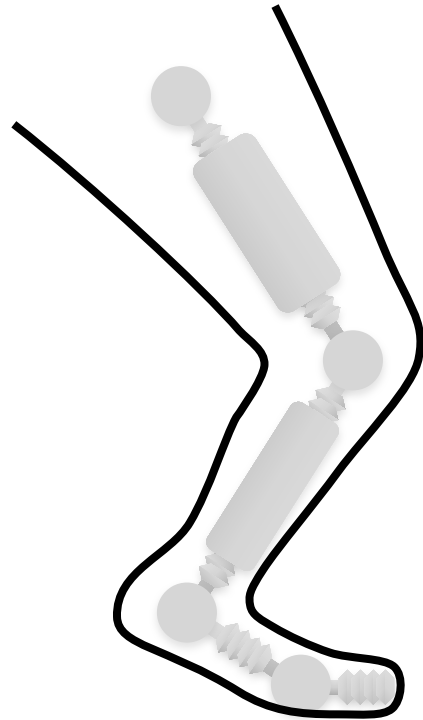
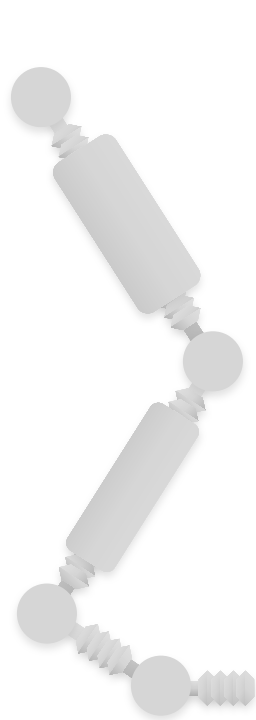
Кожа

Основна идея

- Скелетът придава основната форма на обекта
(примерно позата на тяло)
- Кожата придава гладкостта на обекта
(плавно преливане на форми)

Свойства на кожата

- Гъвкава
- Боли при щипане



При промяна
на позата
кожата се огъва

Изисквания

- Да не е плътно по скелета
- Да се огъва плавно
- Без нежелани ефекти при гранични пози
(например, издуване, сплескване, самопресичане)

Реализация

- Чрез множество от контролни точки

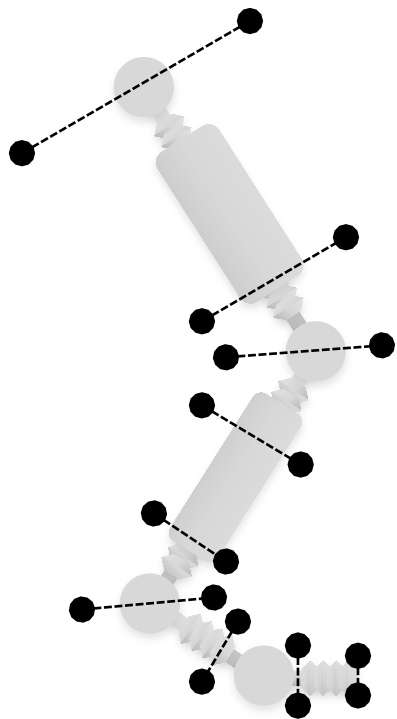
Контролните точки

- Закачени на разстояние от скелета
(най-често са твърдо закачени)
- Използват се като контролни точки на сплайн или подразделени повърхнини

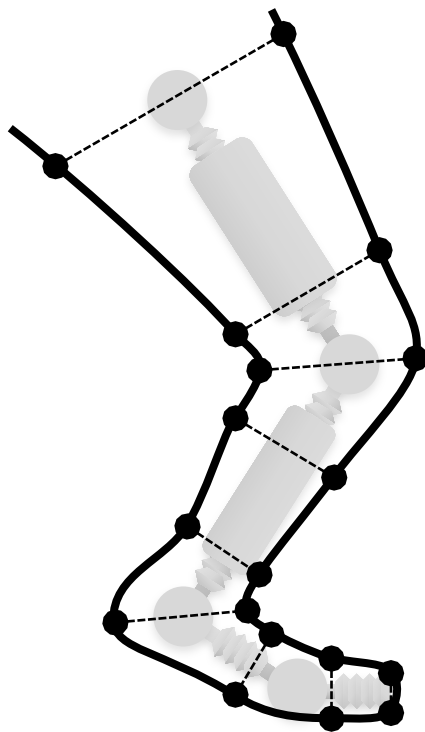
Промяна на позата

- Променя положението на костите и закачените към тях контролни точки
- Променените контролни точки генерират нова повърхнини

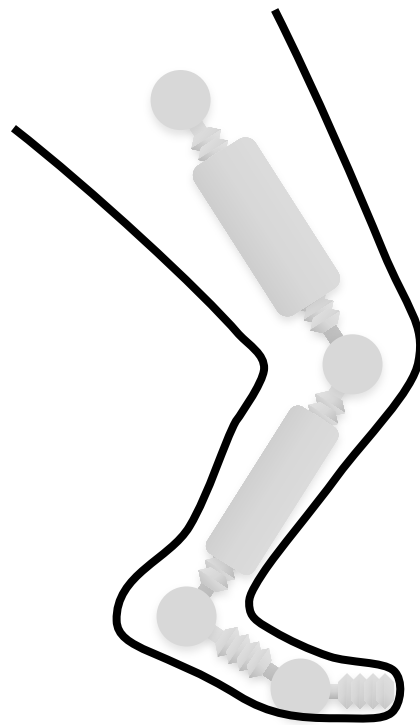
Закачане на кожа



Контролни точки,
фиксираны към костите



Повърхнини, опънати през
контролните точки



Контролните точки
са невидими обекти

Още информация

На английски

- Терминът за слагане на кожа е skinning
- Извън КГ skinning е точно обратното: одирам

Структура на кожата

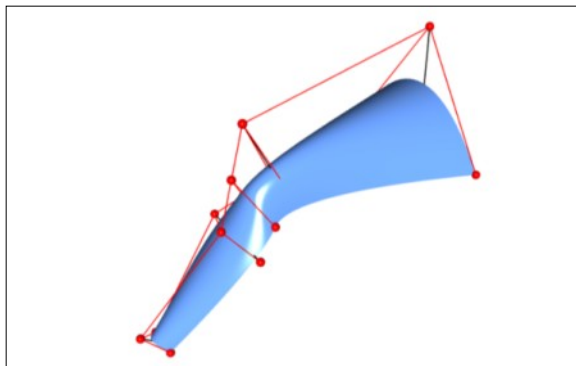
- Не е задължително да е сплайн или подрезделени повърхнини, може да е друга мрежа от полигони

- Не е задължително контролна точка да е закачена към точно една кост – може да е към няколко със съответни тегла
- Почти винаги координатите на контролните точки са дадени в локалната координатна система на ставата, към която е закачена костта – така те са константни

Примери

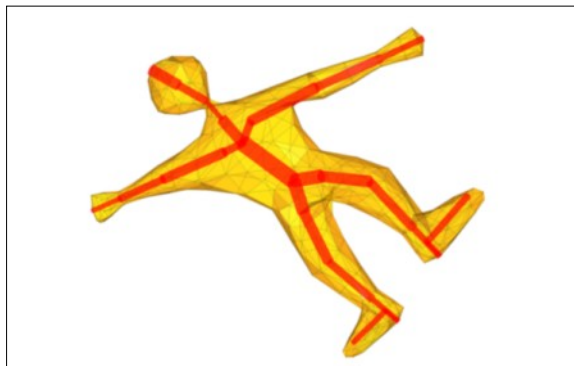
Пример с кожа

- Невидими кости с контролни точки и кожа през тях



Одиране на човечето от миналия път

- Човече по кожа
- Човече по кожа и кокали

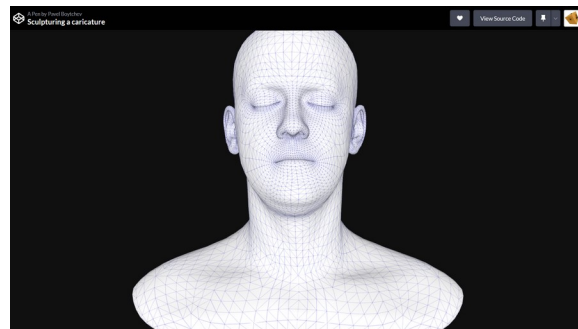


Още примери

- Използване на кафези (cage)
- Използване на силови полета



<https://boytchev.github.io/etudes/threejs/bezier-space.html>



РРТХ не дава,
да се пуска
ръчно
през FireFox

<https://codepen.io/boytchev/full/eYxGyPG>

Въпроси?

Повече информация

BAGL	стр. 22-26
AGO2	стр. 630-631
KLAW	стр. 218-221
PARE	стр. 124-143, 358-361
ZHDA	стр. 361-366

А също и:

- Free-Form Deformation of Solid Geometric Models
<http://tom.cs.byu.edu/~557/text/3dffd.pdf>
- CSE 169: Computer Animation: Chapter 3: Skin
http://graphics.ucsd.edu/courses/cse169_w05/3-Skin.htm

Край