
Компютърна графика

Анимация в компютърната графика

доц. Милена Лазарова, кат. КС, ФКСУ

Анимация

- Създаване на движещи се двумерни изображения
- Промяна на обектите съгласно определен сценарии



"There is no particular mystery in animation...it's really very simple, and like anything that is simple, it is about the hardest thing in the world to do."
Bill Tytla at the Walt Disney Studio,
June 28, 1937

Анимация

- Два подхода за създаване на анимация
 - визуализиране на последователни кадри, създадени от художник-аниматор
 - физически модели, които се заснемат в различни позиции

- Компютърна анимация
 - рендериране на последователност от кадри със статични изображения, в които обектите в сцената се променят
 - промяна на позицията и параметрите на камерата
 - промяна в положението на обектите
 - промяна на камерата и обектите

Анимация

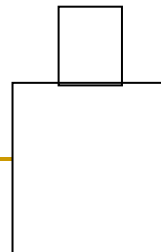
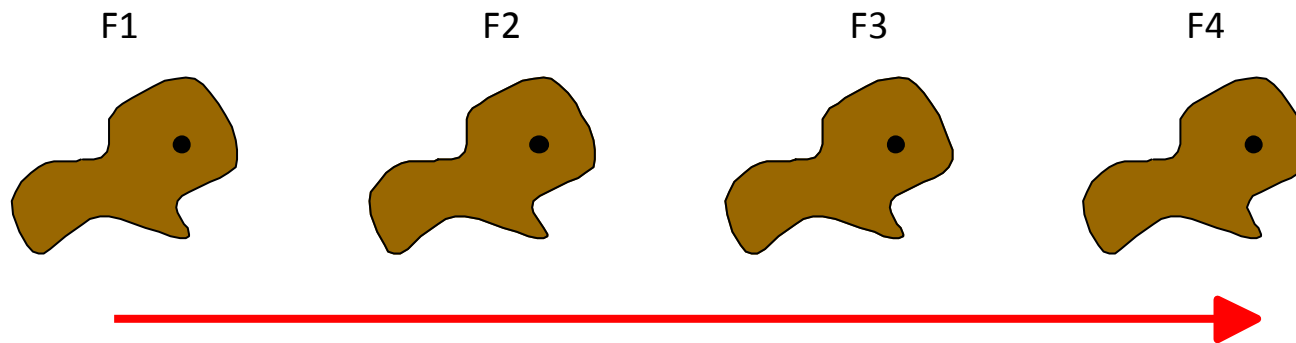
- Анимирането на изображения изисква
 - моделиране
 - 2D или 3D геометрия на обектите
 - създаване на сценарии
 - специфициране на движенията
 - създаване на междинни изображения
 - осветяване, рендериране
 - пост-обработка на изображения

Анимация

- Илюзия за движение на обекта
 - статична камера, движещ се обект
 - статичен обект, движеща се камера

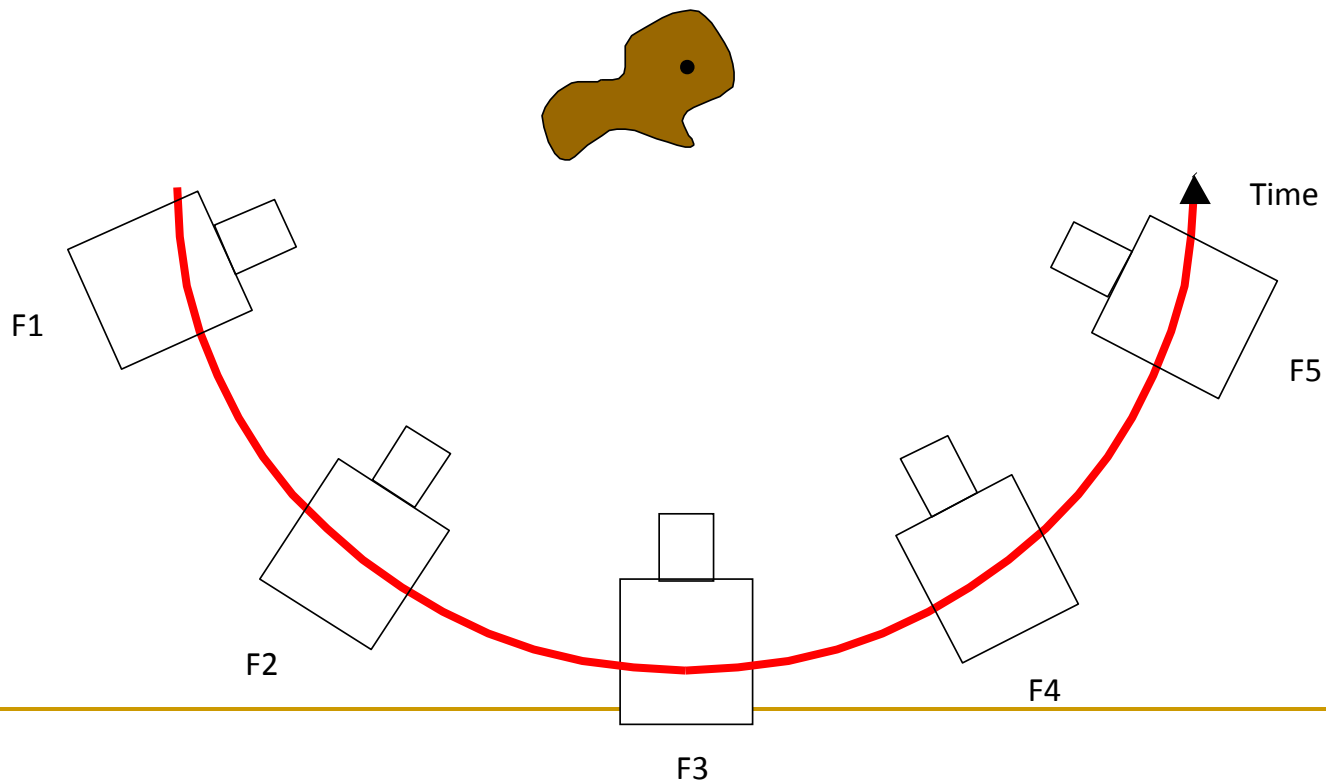
Анимация

- Илюзия за движение на обекта
 - статична камера, движещ се обект



Анимация

- Илюзия за движение на обекта
 - статичен обект, движеща се камера

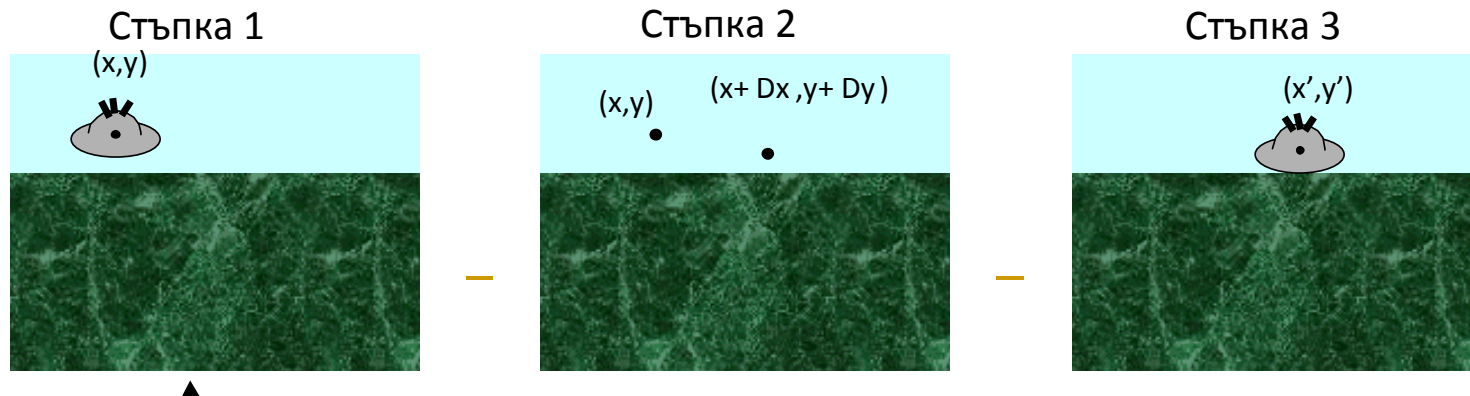


Анимация чрез трансформации

- Използване на трансформации на изображението
 - изображението на даден обект/и се изчертава, изтрива се (приема цвета на фона), трансформира се по някакъв начин, отново се осветява, пак се изтрива и т.н.
- Видове движения
 - движение на точки по права линия
 - движение на точки по произволни криви
 - движение на изображение на обект

Движение на точки по права линия

- Точката (пикселът) се осветява, изтрива се (приема цвета на фона), транслира се с малки коефициенти на преобразуване, отново се осветява и т.н.
 - движение на точка по хоризонтала
 - чрез трансляция с коефициенти на трансляция $(T_x, T_y) = (1, 0)$
 - движение на точка по наклонена права
 - чрез трансляция с коефициенти на трансляция $(T_x, T_y) = (dx, dy)$



Движение на точки по крива

- Използва се уравнението на кривата
 - движение на точка по окръжност
 - дадени са център (Y_c, X_c) и радиус R на окръжността
 - позицията на точка по окръжността се определя чрез

$$x = X_c + R \cdot \cos \alpha$$

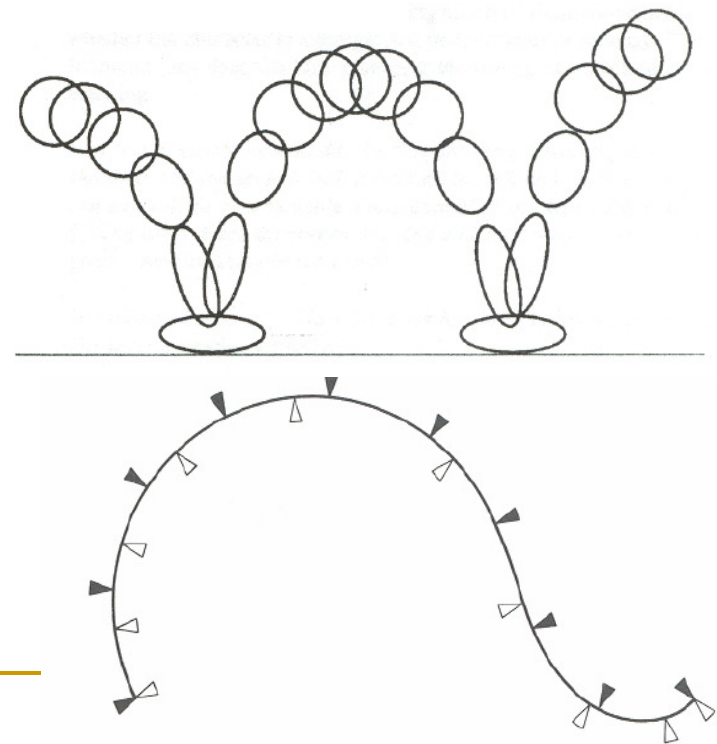
$$y = Y_c + R \cdot \sin \alpha$$

Движение на изображение на обект

- Използват се трансформации
 - например при мащабиране на образа спрямо точка извън него с малки коефициенти на мащабиране образът се намалява и се приближава към точката

- Squash and stretch
 - движение по крива
 - мащабиране, ротация

- Slow In and Out
 - движение по крива
 - мащабиране

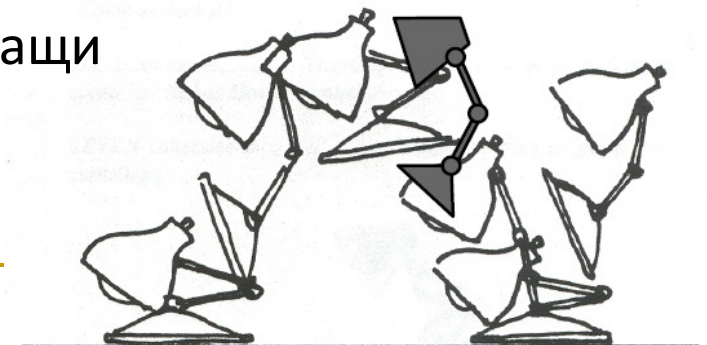
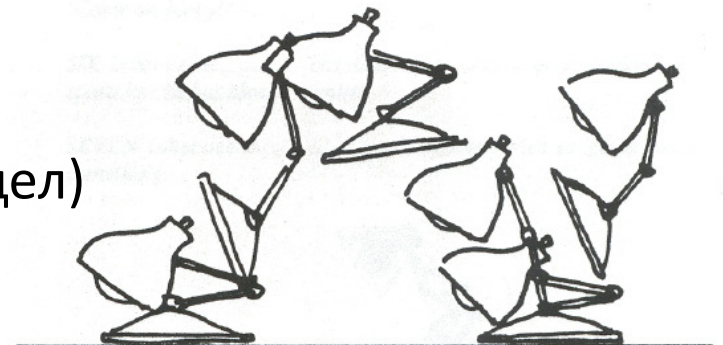


Техники за анимация

- **Анимация управлявана от потребител**
 - анимация с междинни състояния (*keyframing*)
 - анимация с кинематика (*kinematics*)
 - анимация с *motion capture*
 - **Процедурна анимация**
 - физична симулация (*physically-based*)
 - системи от частици (*particle systems*)
 - поведение на групи хора (*crowd behavior*)
 - **Анимация управлявана от данни**
 - *data-driven*
-

Анимация с междинни състояния

- При зададени начално и крайно положение на обекта се изчисляват и рендерират междинните му състояния
 - *“inbetweening”, “tweening”*
 - Задават се “пози” (геометричен модел) на обекта в специфични времеви моменти
 - кадри (*“keyframe”*)
 - Интерполират се променливи, описващи кадрите за да се генерират междинни пози на обекта



Анимация с междинни състояния

■ *Предимства*

- ефектно и ефективно движение
- пълен контрол върху параметрите на движението

■ *Недостатъци*

- може да изисква много усилия за създаване на кадри и определяне на параметри на движението
- трудно се пресъздава физическа реалност на движението

■ *Приложение*

- навсякъде, освен за сложни физични феномени
 - дим, вода, пожар и др.

Анимация с междинни състояния

- Интерполация на междинни кадри

- **линейна интерполация**

- точка $P_1(x_1, y_1)$ се преобразува в точка $P_2(x_2, y_2)$
 - при едно междинно състояние се изчисляват координатите на точката $M(x, y)$

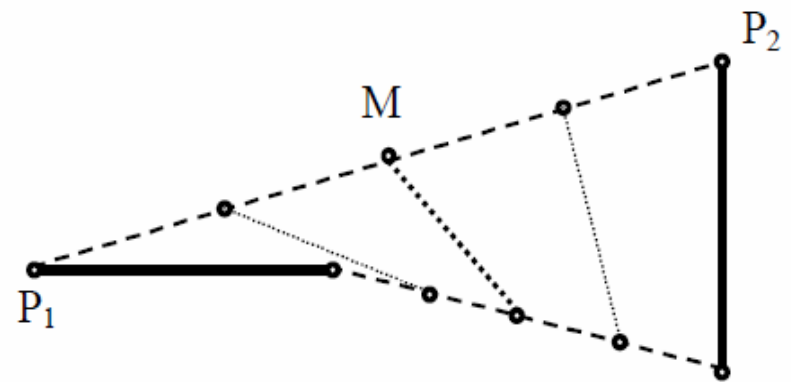
$$x = x_1 + (x_2 - x_1)/2, \text{ аналогично за } y$$



Начално
положение



Крайно
положение



Анимация с междинни състояния

- Интерполация на междинни кадри

- *линейна интерполация*

- при две междинни състояния се определят координатите на две междинни точки T_1 и T_2

$$T_{1x} = x_1 + (x_2 - x_1)/3$$

$$T_{2x} = x_1 + 2(x_2 - x_1)/3$$

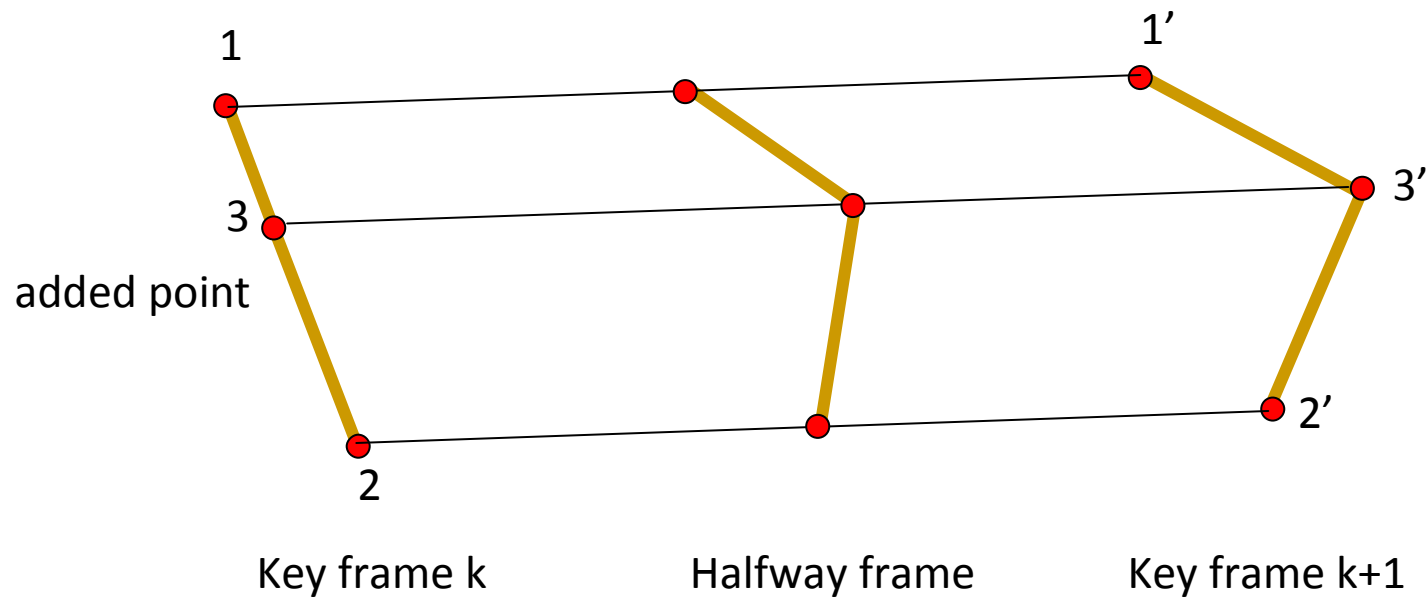
- за $N-1$ междинни състояния междинните точки са

$$T_i = \{x_1 + i(x_2 - x_1)/N, y_1 + i(y_2 - y_1)/N\}$$

- *необходими са поне 30 кадъра в секунда за създаване на илюзия за плавно движение*

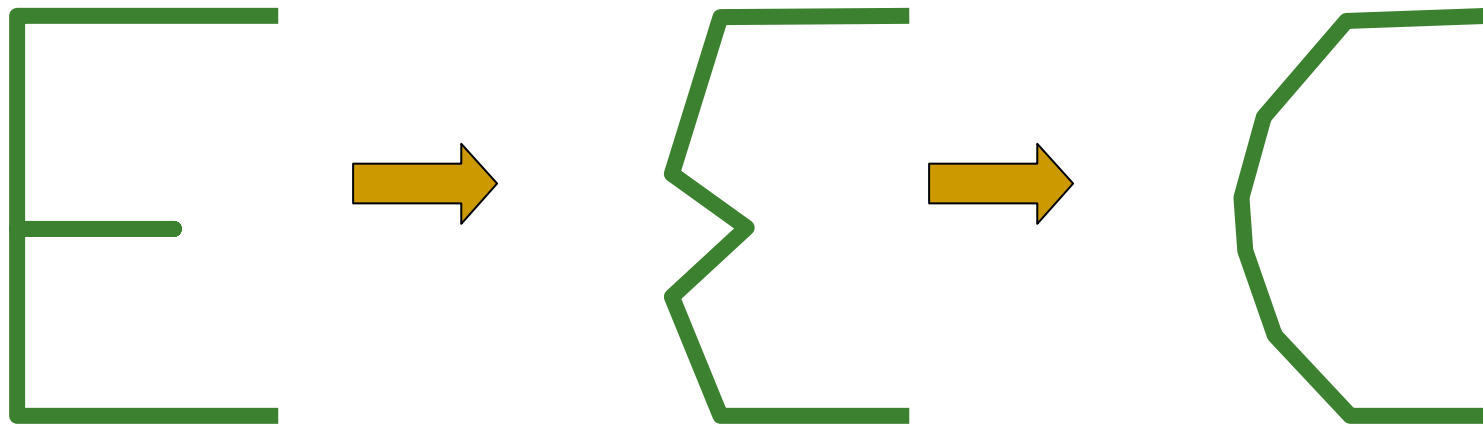
Анимация с междинни състояния

- Интерполация на междинни кадри
 - *линейна интерполация*



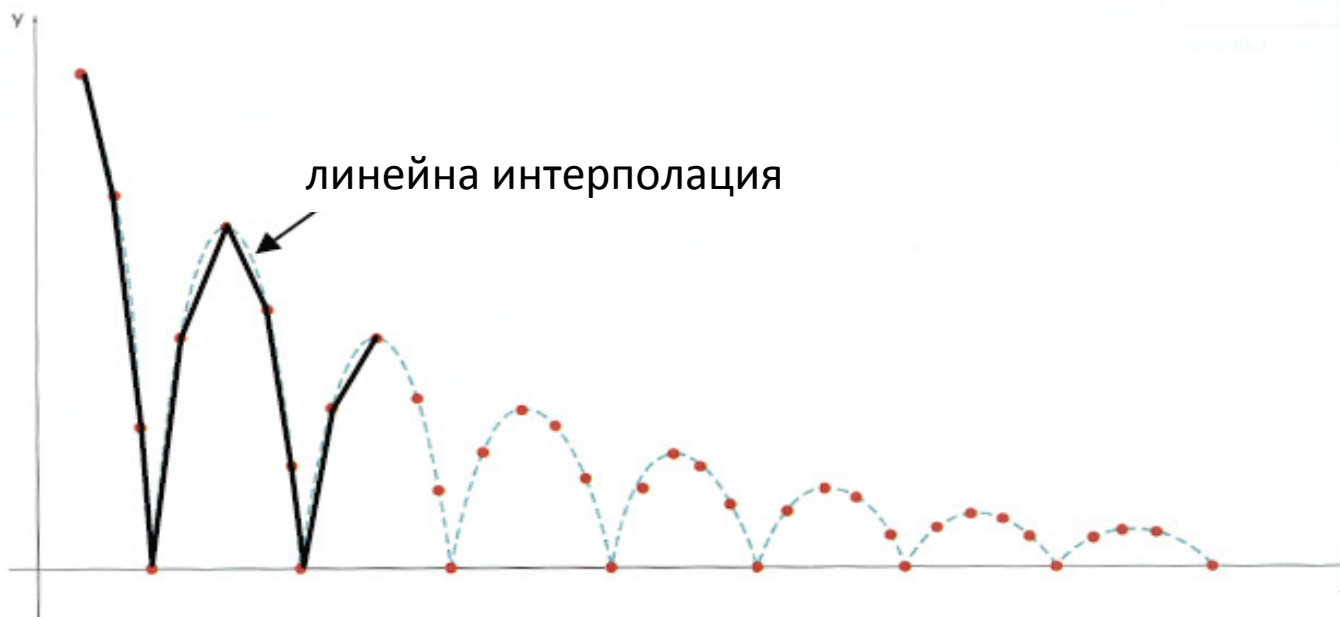
Анимация с междинни състояния

- Интерполация на междинни кадри
 - *линейна интерполация*



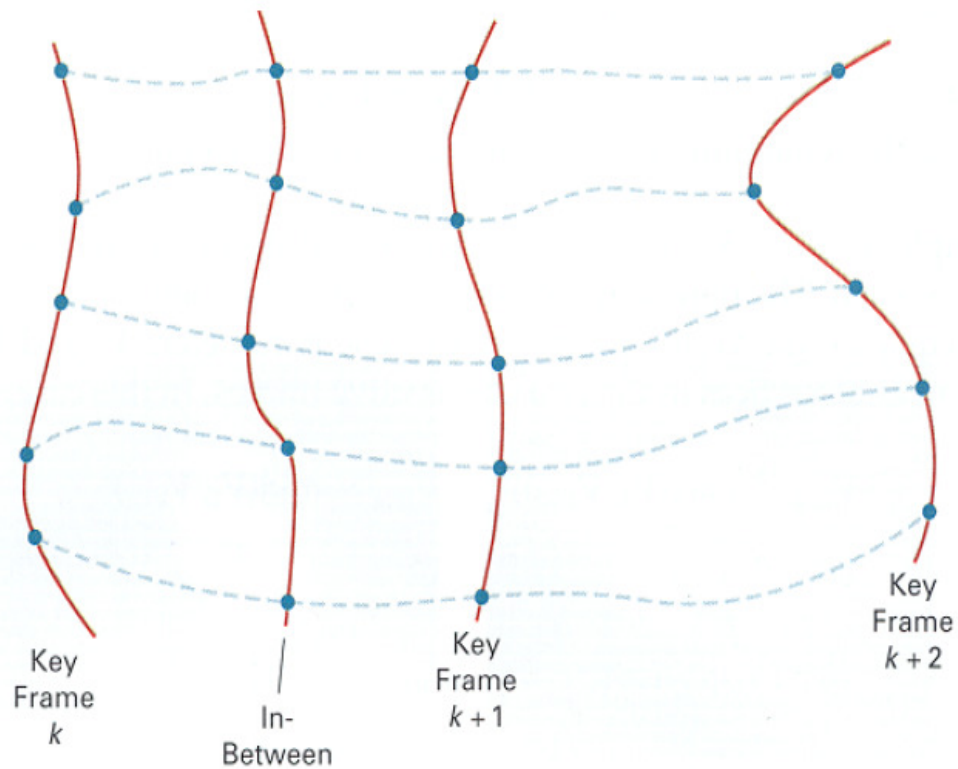
Анимация с междинни състояния

- Интерполация на междинни кадри
 - *линейна интерполация*
 - не винаги осигурява достатъчна гладкост



Анимация с междинни състояния

- Интерполация на междинни кадри
 - *интерполация чрез spline криви*
 - по-плавно изменение на обектите между кадрите



Анимация с кинематика

■ *Кинематика*

- дял от класическата механика, който описва движението на телата без да отчита причините за това движение
- траекториите на телата са функция на времето

■ Приложение в анимация с междинни състояния

□ *права кинематика*

- задават се кинематични параметри за изчисляването на междинни кадри

□ *обратна кинематика*

- задават се няколко ключови ориентации и се изчисляват от останалите параметри

Анимация с кинематика

■ *Права кинематика*

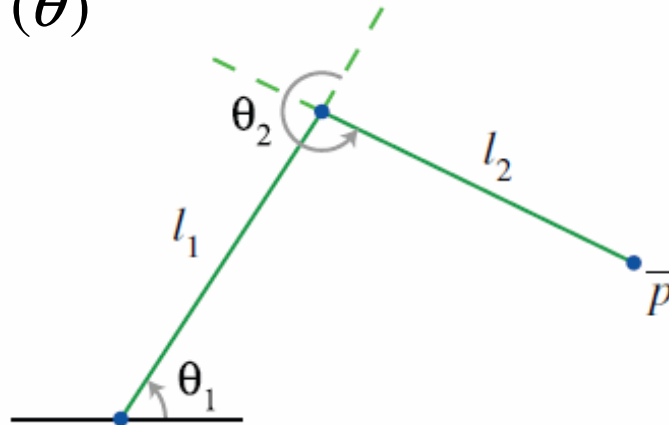
- даден е вектор на състоянието

$$\theta = (\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_n)$$

- определя позиция и ориентация на всички междинни точки

- изчислява се позиция на дадена точка

$$\bar{p} = f(\theta)$$



$$\bar{p} = (l_1 \cdot \cos \theta_1 + l_2 \cdot \cos(\theta_1 + \theta_2), l_1 \cdot \sin \theta_1 + l_2 \cdot \sin(\theta_1 + \theta_2))$$

Анимация с кинематика

■ *Обратна кинематика*

- дадена е позицията на крайната точка
- изчислява се вектора на състоянието

■ Задачата често е нелинейна

■ Задачата може да е

- undetermined
 - няма единствено уникално решение
- predetermined
 - несъгласувана, няма решение

■ Използват се числени методи

■ Необходими са допълнителни ограничения за определяне на уникално решение

- например ограничения на обхвата на движение, изискване за минимизиране на кинематичната енергия

Анимация с motion capture

■ *Motion Capture*

- процес на записване на движения и преобразуването им в цифров модел
- използват се сензори или визуални маркери поставени върху тялото на актьор
 - маркерите рефлектират енергията в специфични честотни диапазони, които се заснемат със специална камера (*mocap*)



Анимация с motion capture

■ *Предимства*

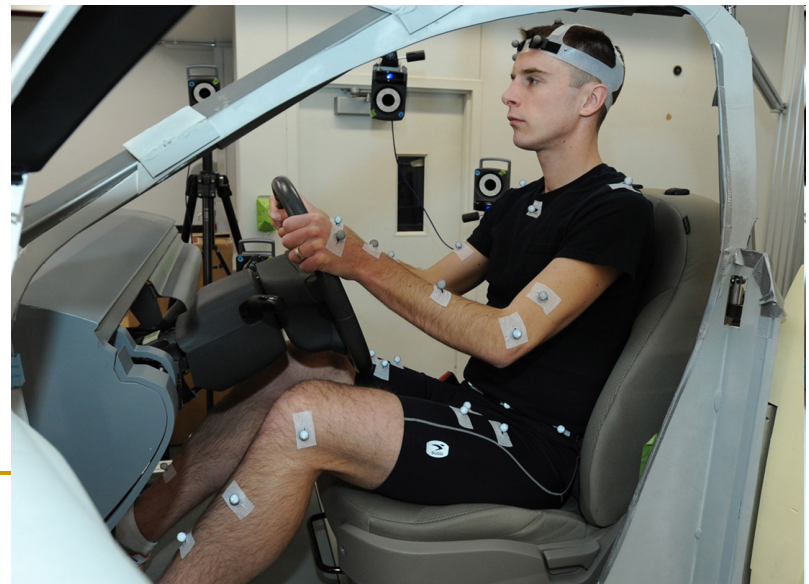
- регистрира се специфика и стил на реални актьори

■ *Недостатъци*

- не винаги е достатъчно изразително
- времеотнемащо и скъпо
- трудно се редактира и променя

■ *Приложения*

- анимация на анимирани герои
- медицина
 - кинезиология, биомеханика
- инженерен дизайн



Анимация с динамика

- Симулиране на физични процеси в реалния свят за генериране на реалистични движения, взаимодействия и деформации

- **Динамика**

- дял от класическата механика, изучава причините за възникване на движение на материалните тела в зависимост от приложените върху тях сили
- втори закон на Нютон

$$\mathbf{f} = m \cdot \mathbf{a}$$

- *сила \mathbf{f} приложена на тяло с маса m води до ускорение \mathbf{a}*

Анимация с динамика

■ *Права динамика*

- дадени са начални стойности на позиция, скорост и приложените сили
- изчисляват се позиция, скорост и ускорение като функция на времето и приложените сили
- предимство
 - лесно се симулира
- недостатък
 - зависи от началните условия
 - трудно се контролира и трудно се предвижда траекторията на движение

Анимация с динамика

- **Обратна динамика**

- дадени са ограничения на траекторията на движение
- изчисляват се силите, необходими да предизвикат желаното движение
- недостатък
 - изчислително сложна техника

Анимация с динамика

- Анимацията базирана на динамика и физични процеси
 - **Предимства**
 - реалистичност
 - лесно генериране на продължителни симулации
 - естествени вторични ефекти и взаимодействия на обектите
 - например завъртане на обектите или усуквания на материалите
 - **Недостатъци**
 - липса на контрол върху движението на обектите в сцената
 - **Приложение**
 - сложни физични процеси
-

Анимация с частици

- Целта е да се наподобява пасивната динамика за бързо рендериране на сложни системи като пожар, течаща вода, искри
- Частица (particle)
 - точка в пространството с асоциирани параметри
 - скорост, време на живот, цвят и т.н.
- Симулация на система от частици
 - частиците се създават с начални параметри
 - прилагат се физични правила за еволюция на системата
 - премахват се частици с изтекло време на живот
 - останалите се рендерират
 - могат да се използват текстури, процедурно рендериране, мрежи

Поведенческа анимация

■ *Behavioral Animation*

- за отделните частици могат да се зададат правила, които зависят от взаимодействието им с останалите частици и околния свят

■ Моделират се взаимодействия в група

- достатъчни са 3 правила за генериране на частици с flocking behavior
 - разделяне на частици
 - подреждане на частици в дадена посока
 - подреждане на група частици
- с по-сложни правила могат да се контролират големи групи от частици, които поотделно е невъзможно да бъдат анимирани

Поведенческа анимация

■ *Предимства*

- ❑ автоматична анимация
- ❑ генериране в реално време

■ *Недостатъци*

- ❑ трудно се програмира човешко поведение

■ *Приложения*

- ❑ тълпи от хора, стада от животни, фонові герои в игри



Анимация управлявана от данни

■ *Data-Driven Animation*

- използва се информация от реалния свят за генериране на анимация
 - motion capture
 - генериране на траектория по видео, в което се определя подобие на характеристики на обектите в съседни кадри
 - например текстури

■ *Предимства*

- използва се специфичен стил на реални актьори
- лесно се генерира ново движение в реално време

■ *Недостатъци*

- нужни са достатъчно по обем качествени данни

■ *Приложения*

- анимация на обекти или герои

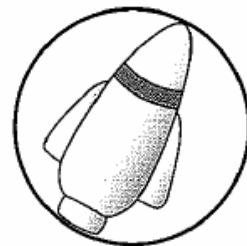
Откриване на колизии

- Необходим етап при анимиране на обекти
 - Цел
 - определяне на колизия между два обекта
 - например удар в стена, сблъсък на два обекта, повдигане на обект
 - Изчислително сложна задача
 - за всеки два обекта се проверява дали се пресичат
 - $O(N^2)$ проверки
 - **ограждащи обеми**, йерархични ограждащи обеми
 - намалява броя на проверките
 - **разделящи линии**
-

Ограждащи обеми

- **Сфери**
- **Ориентирани спрямо осите**
 - Axis-Aligned Bounding Boxes – AABB
- **Ориентирани спрямо обекта**
 - Object-oriented Bounding Boxes (OBB)
- ***k*-посочен дискретно ориентиран политоп**
 - k-DOP (Discrete Orientation Polytope)
- **Минимален ограждащ обем**
 - Convex hull

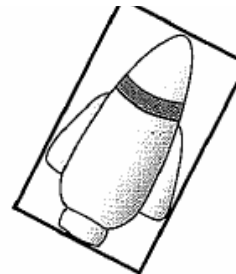
→ по-добро ограждане и по-точна детекция на колизии
← по-бърза проверка и по-малко памет



SPHERE



AABB



OBB



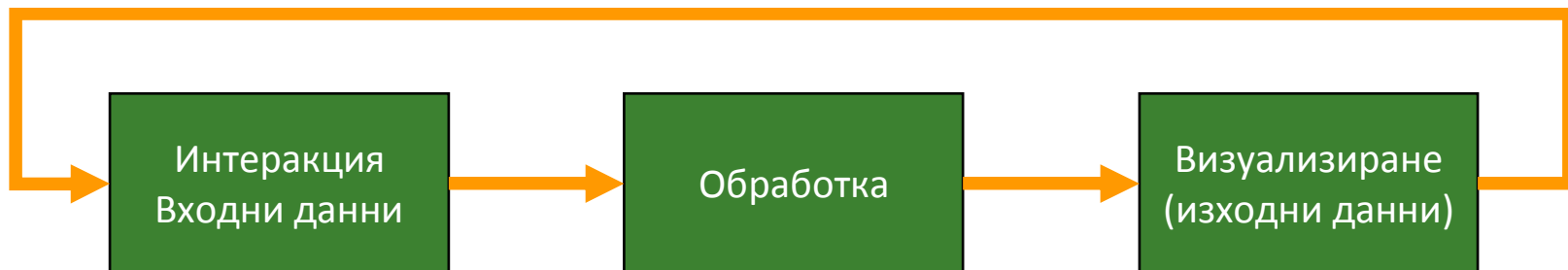
8-DOP



CONVEX HULL

Интерактивни графични програми

- Интерактивното взаимодействие се разглежда като процес, управляван от събития
- Събитието се генерира от потребителя и променя състоянието на системата
 - от очакване се преминава към действие, после пак към очакване и т.н.



Интерактивни графични програми

- Основни изисквания към интерактивна графична програма
 - възможност за създаване и промяна на графични изображения
 - добавяне нови обекти към графичната сцена
 - избор на обекти от сцената
 - промяна на параметри, преместване, изтриване
 - прости, логични, еднозначни последователности от интерактивни действия
 - лесни за разбиране и запомняне операции
 - възможност за прекъсване или отмяна на избрано действие
 - обратна връзка с потребителя

Интерактивни графични програми

- Дизайн на потребителски интерфейс
 - ориентиран към потребителя
- WIMP интерфейс
 - Window, Icon, Menu, Pointing device
- Augmented WIMP
 - разпознаване на глас и жестове
 - пасивно сканиране
 - множество канали
 - 3D устройства
 - от Human Computer Interaction (HCI)
към Human Human Interaction (HHI)

КРАЙ

Следваща тема:
Фрактални модели