Animáció

Animálható tulajdonságok Animáció típusok Hierachikus rendszerek

Tartalom

Animáció

2 Animálható tulajdonságok

3 Animáció típusok

4 Hierachikus rendszerek

◆□▶◆□▶◆■▶◆■▶ ■ 釣९@

http://cg.elte.hu

11. előadás

Animáci

Animálható tulajdonságok Animáció típusok Hierachikus rendszerek

Mi az, amit változtatunk?

Számítógépes Grafika

Hajder Levente

hajder@inf.elte.hu

Eötvös Loránd Tudományegyetem Informatikai Kar

2017/2018. II. félév

http://cg.elte.hu

11. előadás

Animáció

Animálható tulajdonságok Animáció típusok Hierachikus rendszerek

Animáció

- Állókép helyett képsorozat
- Objektumok/kamera/világ tulajdonságait változatjuk
- Egy kép ≡ egy idő pillanat
- Képsorozat elég gyors → folyamatos mozgást érzékel az emberi szem

- Lehet: pozícó, orientáció, szín, normál, BRDF, stb.
- "Értelme" van: pozíció, orientáció, kamera
- Animációt alkalmazunk:
 - a modellezési transzformációra
 - a kamera transzformációra

◆□ > ◆□ > ◆ = > ◆ = > ○ へ ○

Animálható tulajdonságok Animáció típusok Hierachikus rendszerek

Animáció szintézis

- Legyen minden o objetumra, a modellezési trafó: $M_0 \in \mathbb{R}^{4 \times 4}$
- Legyen a kamera trafó: $V \in \mathbb{R}^{4 \times 4}$
- Megjegyzés: ha V a View mátrix, akkor csak a kamera pozicióját, orientációját tartalmazza; ha V a View és a Projection együtt, akkor tudjuk vele a látószöget is állítani
- Legyen mindkettő idő függő!
- $M_0 \in \mathbb{R} \to \mathbb{R}^{4 \times 4}$
- $V \in \mathbb{R} \to \mathbb{R}^{4 \times 4}$

◆□ > ◆□ > ◆ = > ◆ = > ○ へ ○

11. előadás

Animálható tulajdonságok Animáció típusok Hierachikus rendszerek

Animáció szintézis

- Valósidejű/interaktív:
 - rögtön meg is jelenítjük a képkockákat
 - a számításnak elég gyorsnak kell lennie a folytonosság látszatához
 - a felhasználói eseményekre ragálni kell
 - ⇒ olyan részletgazdag lehet a színtér, amit még így meg lehet jeleníteni
 - ⇒ inkrementális képszintézist használunk

Animálható tulajdonságok Animáció típusok Hierachikus rendszerek

Általános animációs program váza

```
while keep_running:
 t = get_time()
 for o in objects:
    M_O = M_O(t)
  V = V(t)
 render_scene()
```

◆ロ ト ◆ 個 ト ◆ 差 ト ◆ 差 ・ 夕 Q ②

11. előadás

Animálható tulajdonságok Animáció típusok Hierachikus rendszerek

Valósidejű animációs program váza

```
def update():
 # vagy idle, vagy onFrameMove
  t = get_time()
  for o in objects:
    M_O = M_O(t)
  V = V(t)
def render():
 # vagy display, vagy onFrameRender
 for o in objects:
    render_object(o)
```

Animácio

Animálható tulajdonságok Animáció típusok Hierachikus rendszerek

Animáció szintézis

- Nem valós idejű/offline:
 - "Nem számít", hogy mennyi ideig tart kiszámítani egy képkockát
 - Elkülönöl a szintézis és a visszajátszás
 - Először elmentjük a képkockákat
 - Aztán majd videóként lehet visszanézni
 - \Rightarrow a felhasználó nem tud belenyúlni az animációba
 - ⇒ olyan részletes színteret, és olyan bonyolult algoritmust használunk, amit ki tudunk várni



http://cg.elte.hu

11. előadás

Animáció

Animálható tulajdonságok Animáció típusok Hierachikus rendszerek

Valósidejű animáció – rosszul

- Hogyal lehet a legkönnyebben elrontani az animáció számítást?
- Azzal, ha nem vesszük figyelembe, hogy mennyi idő telt el két képkocka között.
- Pl.: A középpontja körül akarjuk forgatni az objektumot állandó szögsebességgel.

```
model = rotation(phi, 0,1,0); phi +=
phi_step;
```

- Az objektum olyan gyorsan fog forogni, amilyen gyakorisággal ez a kód részlet meghívódik.
- Gyorsabb gépen többször, lassabb gépen kevesebbszer.

Animá

Animálható tulajdonságok Animáció típusok Hierachikus rendszerek

Offline rendering

```
\Delta t = 1/FPS

for (t=t_start; t<t_end; t+=\Delta t):

for o in objects:

M_o = M_o(t)

V = V(t)

render_scene_to_disk()
```

<ロ > ← 回

http://cg.elte.hu

11. előadás

A mino 6 o

Animálható tulajdonságok Animáció típusok Hierachikus rendszerek

Valósidejű animáció – jól

- Hogyal lehet a legkönnyebben ezt megelőzni?
- Sose azt tároljuk, hogy mennyivel kell változtatni, hanem, hogy mi a változás sebessége.
- Minden számítás előtt kérjük le, hogy mennyi idő telt el az előző képkocka óta, és ezel szorozzuk a sebességet.
- Pl.: phi += phi_step; helyett phi +=
 get_time_since_last_frame() * phi_speed;
- Gyorsabb gépen kevesebb, lassabb gépen több idő telik el két képkocka között ⇒ gyors gépen kissebbeket lépünk, lassabban nagyobbakat.

Tartalom

- Animáció
- Animálható tulajdonságok
 - Kamera animáció
 - Pozíció és orientáció
 - Roll, Pitch, Yaw
- Animáció típusok
- Hierachikus rendszerek

◆□▶ ◆□▶ ◆■▶ ◆■▶ ■ りゅ○

◆□▶ ◆□▶ ◆豆▶ ◆豆 ◆ ○○○

http://cg.elte.hu

11. előadás

Animálható tulajdonságok Animáció típusok Hierachikus rendszerek

Kamera animáció Pozíció és orientáció Roll, Pitch, Yaw

Pozíció és orientáció

- Pozícó: "Hol van az objektum?"
- Orientáció: "Hogy áll, merrefele néz az objektum?"
- Elsősorban ezt a kettőt szerenénk változtatni.
- $M_{o}(t)$ megadja mindkettőt.
- Normális esetben

$$M_o(t) = \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} & A_{13} & 0 \\ A_{21} & A_{22} & A_{23} & 0 \\ A_{31} & A_{32} & A_{33} & 0 \\ p_x & p_y & p_z & 1 \end{bmatrix},$$

- $\vec{p} = (p_x, p_y, p_z)$ a pozíció.
- Az A mátrix tartalmazza az orientációt.

A kamera tulajdonásgai:

Kamera animáció

- szempozició (eye),
- egy pont amire néz (center),
- felfele irányt megadó vektor (up),
- a képernyő/ablak oldal aránya (aspect),
- nyílásszög (fovy).
- Ezek mind külön-külön változtathatók az animáció létrehozásához.

<ロ > ← 回

11. előadás

Animálható tulajdonságok Animáció típusok Hierachikus rendszerek Kamera animáció Pozíció és orientáció Roll, Pitch, Yaw

Orientációs paraméterek

- Tegyük p-t és A-t is időfüggővé!
- \bullet \vec{p} tagjait leírhatjuk külün-külön függvénnyel.
- Pl.: Valami esik, elég p_v-t változtatni.
- A-t tagjai összefüggenek, és csak az orentáció érdekel belőle minket (nem érdekel: méretezés, nyírás).
- Az orientáció megadható három tengely menti forgatással → három független függvénnyel.

Yaw, pitch, roll

- Egy objektum függőleges- (yaw), kereszt- (pitch) és hossztengelye (roll) menti elfordulásait egyszerre adjuk meg.
- Már találkoztunk vele, 3 x 3-as mátrixszal megadható, három forgatás szorzata.
- ◆ Három tengely menti elfordulás szögével megadható ⇒ megadja az orientációt is.

←□ → ←□ → ← = → ← = → へ へ ○

http://cg.elte.hu

11. előadás

Animáció Animálható tulajdonságok Animáció típusok Hierachikus rendszerek

Képlet animáció Kulcskocka animáció Pálya animáció

Képlet animáció

- Egy adott tulajdonság változását egy megfelelő függvénnyel írjuk le.
- PI: Óra mutatói
 - Nagymutató: yaw(t) = t/10
 - Kismutató: yaw(t) = t/120
 - Ha *t*-t mp-ben adjum meg, a forgatásokat pedig fokban.
- PI: Pattogó labda
 - $p_{y}(t) = |\sin(\omega t + \theta_{0})| \cdot e^{-kt}$

Tartalom

- Animáció
- 2 Animálható tulajdonságok
- Animáció típusok
 - Képlet animáció
 - Kulcskocka animáció
 - Pálya animáció
- 4 Hierachikus rendszerek

http://cg.elte.hu

11. előadás

Animáció Animálható tulajdonságok Animáció típusok Hierachikus rendszerek

Képlet animáció Kulcskocka animáció Pálya animáció

Kulcskocka (key frame) animáció

- Egy bonyolult mozgást nehézkes lenne képlettel megadni.
- Inkább adjuk csak bizonyos időközönként, hogy akkor mit szeretnénk látni.
- Ezek a kulcskockák.
- Egy tulajdonságot két kulcskocka között interpolációval számolunk ki.

Kulcskocka (key frame) animáció

- Az interpolációval az objektum egyes paramétereire folytonos görbét illesztünk.
- Az animáció lejátszása/elmentése során a program minden képkockában a hozzá tartozó t értékkel kiértékeli az objektum paraméter-függvényeit.
- Ezekből számítja a transzformációs mátrixokat.
- A mátrixok felhasználásval előállíja a képet.

4 D > 4 B > 4 B > 4 B > B 9 Q C

http://cg.elte.hu

11. előadás

Animáció Animálható tulajdonságok Animáció típusok Hierachikus rendszerek

Képlet animáció Kulcskocka animáció Pálya animáció

Interpoláció két kulcskocka között

- K: Mi a baj a lineáris interpolációval?
- V: Ritkán néz ki természetesen. Animáció során a sebesség konstans, előtte, utána nulla.
 - Elgurított labda: folyamatosan lassul.
 - Zuhanó zongora: folyamatosan gyorsul.
 - Rakéta a Földről a Marsra: gyorul, halad, lassít.
- Ilyen interpolációra használhatunk:
 - Gyök függvényt.
 - Másodfokú függvényt.
 - Logisztikus függvényt/görbét.
- Gyakorlatban: Bézier görbe

- Legyen a két kulcskockánk időpontja t₀ és t₁.
- Legyen az interpolálandó tulajdonság g.
- Lineráis interpolációval $\forall t \in [t_0, t_1]$ -re kapjuk

$$g(t) = \left(1 - \frac{t - t_0}{t_1 - t_0}\right)g(t_0) + \frac{t - t_0}{t_1 - t_0}g(t_1)$$

http://cg.elte.hu

11. előadás

Animáció Animálható tulajdonságok **Animáció típusok** Hierachikus rendszerek

Képlet animáció Kulcskocka animáció Pálya animáció

Polinom interpoláció

Lineáris interpoláció

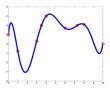
- n kulcspontra fel tudunk írni n-1-ed fokú polinomot.
- Interpolációs polinom: minden kulcskockában az előírt értéket veszi fel.
- Együtthatók számíthatók Lagrange interpolációval.
- A lineáris interpoláció a Lagrange interpoláció speciális esete n = 2-re.

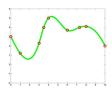
Animálható tulajdonságok Animáció típusok

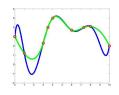
Képlet animáció Kulcskocka animáció Pálva animáció

Spline interpoláció

- A polinom interpolációval kapott fv. magas fokszám esetén a szomszédos pontok között "hullámzik", így elrontja az animációt.
- Spline interpoláció: használjunk több, egymáshoz kapcsolódó, alacsony fokszámú polinomot az interpolációhoz!







11. előadás

Animálható tulajdonságok Animáció típusok Hierachikus rendszerek

Képlet animáció Kulcskocka animáció Pálya animáció

Orientáció megadása

- Hogyan adjuk meg az objetumunk orentációját?
- Egy előre, és egy felfele irány egyértelműen meghatározza ezt.
- Megjegyzés: v.ö. kamera esetén center-eye ill. up vektorok
- Ha a pályagörbe differenciálható, akkor az megadja a sebességvektort minden időpillanatban.
- A sebességvektor mindig előre fele mutat.

Animáció Animálható tulajdonságok Animáció típusok Hierachikus rendszerek

Képlet animáció Kulcskocka animáció Pálya animáció

Pálya animáció

- Egy objektum mozgását megadhatjuk a bejárandó pálya megadásával is.
- A pályát egy 3D görbével adjuk meg.
- A model ezen a görbén halad végig.

<ロ > ← 回

http://cg.elte.hu

11. előadás

Animálható tulajdonságok Animáció típusok Hierachikus rendszerek

Képlet animáció Kulcskocka animáció Pálya animáció

Orientáció megadása

- A felfele irány megadására két lehetőségünk is van.
- Ha van egy természetes felfele, akkor használjuk azt. (Mindennél, ami nem ből be a kanyarban.)
- Ha ez az irány is változik, akkor ez megegyezik a gyorsulás irányával, azaz a pályagörbe második deriváltjának irányával.

Tartalom

- Animáció
- 2 Animálható tulajdonságok
- 3 Animáció típusok
- 4 Hierachikus rendszerek
 - Előrehaladó kinematika
 - Inverz kinematika

←□ → ←□ → ← = → ← = → へ へ ○

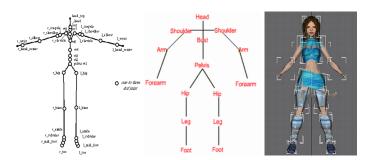
http://cg.elte.hu

11. előadás

Animáció Animálható tulajdonságok Animáció típusok Hierachikus rendszerek

Előrehaladó kinematika Inverz kinematika

Példa: Emberi test



Hierachikus rendszerek

- Színtér gráfoknál már találkoztunk ilyenekkel.
- Egy gyerek objektum mozgását a szülőhöz viszonyítva adjuk meg.
- Gyerekeknek lehetnek újabb gyerekei, s.i.t.
- Hierachikus rendszert fát kapunk.

http://cg.elte.hu

11. előadás

Animáció Animálható tulajdonságok Animáció típusok Hierachikus rendszerek

Előrehaladó kinematika Inverz kinematika

Kényszerek (constraints)

- Nem minden mozgást szeretnénk megengedni a szülőhöz képest.
- Ezeket a megszorításokat írhatjuk le kényszerekkel.
- Korlátozhatjuk a szabadságfokokat: pl. könyök csak egy tengely mentén tud forogni, de a csukló kettő
- Vagy a tartományokat: kevesen bírják, ha a fejük 90°-nél többet fordul.

- Végállapotot határozunk meg az állapotváltozók függvényében.
- Szimulációkhoz jól használható.
- Minden elemre megadjuk, a hozzá tartozó transzformációt.
- Ezeket a hierarchiában felülről lefele haladva értékeljük ki.
- Az adott elemhez tartozó transzformáció az összes ős és a saját transzformáció szorzata.

http://cg.elte.hu

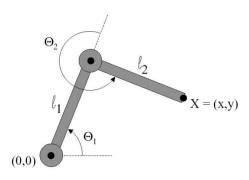
11. előadás

Animacio Animálható tulajdonságok Animáció típusok Hierachikus rendszerek

Előrehaladó kinematika Inverz kinematika

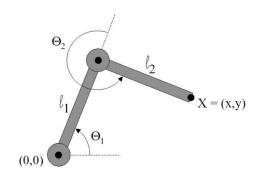
Példa – folyt.

- Állapotváltozók: Θ₁, Θ₂
- A végberendezés (X) pozícióját a gép számolja.
- $X = (I_1 \cos \Theta_1 + I_2 \cos(\Theta_1 + \Theta_2), I_1 \sin \Theta_1 + I_2 \sin(\Theta_1 + \Theta_2))$



Példa

- Kétszabadságfokú, rotációs csuklókat tartalmazó rendszer.
- A csuklók csak a Z tengely körül fordulnak.



ttp://cg.elte.hu

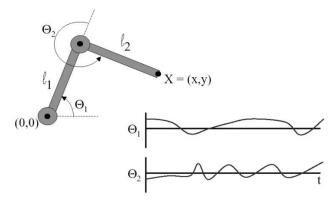
11. előadás

Animáció Animálható tulajdonságok Animáció típusok Hierachikus rendszerek

Előrehaladó kinematika

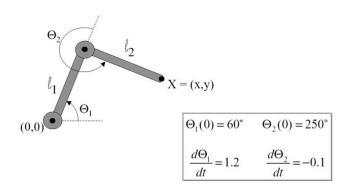
Példa – folyt.

• Az állapotváltozókat megadhatjuk (pl. spline) függvénnyel.



Példa – folyt.

 Az állapotváltozókat megadhatjuk kezdeti értékkel és sebességgel.



http://cg.elte.hu

11. előadás

Animáció Animálható tulajdonságok Animáció típusok Hierachikus rendszerek

Előrehaladó kinematika Inverz kinematika

Inverz kinematika

- Az inverz kinematika a kritikus végberendezés helyzetét interpolálja, majd az állapotváltozók értékét végberendezés interpolált helyzetéből számítja vissza.
- Az inverz kinematika másik neve a cél-orientált animáció.
- "Ezt szeretném megfogni, hogyan forgassam az izületeimet?"

Mit nem tud az előrehaladó kinematika?

- Az előrehaladó kinematika nem használható, ha a strukturális összefüggés erősen nem lineáris
- Hiába interpolálunk egyenletesen az állapottérben, a végberendezés vadul kalimpálhat a kulcspontok között
- Problémás esetek:
 - Láb mozgása a talajon
 - Végállapot jó, de menet közben a berendezés részei átmehetnek egymáson.

◆□ ト ◆□ ト ◆ 豆 ト ◆ 豆 ・ り へ ○

ttp://cg.elte.hu

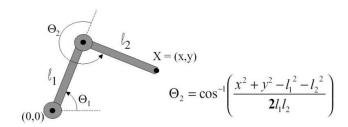
11. előadás

Animáció Animálható tulajdonságok Animáció típusok Hierachikus rendszerek

Előrehaladó kinematika Inverz kinematika

Példa

 A végberendezés helyzetéből visszaszámoljuk az állapotváltozók értékét.



<ロ > ← □

Animáció Animálható tulajdonságok Animáció típusok Hierachikus rendszerek

Előrehaladó kinematika Inverz kinematika

Problémák

- Nehéz "természetesnek látszó" mozgást leírni vele.
- Az inverz függvény kiszámítása nem triviális,
- és nem is egyértelmű (redundancia).

http://cg.elte.hu

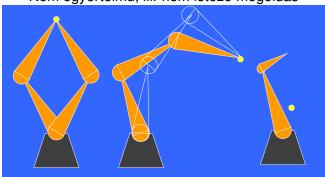
11. előadás

Animáció Animálható tulajdonságok Animáció típusok <u>Hierachikus re</u>ndszerek

Előrehaladó kinematika Inverz kinematika

Példa

Nem egyértelmű, ill. nem létező megoldás





http://cg.elte.hu

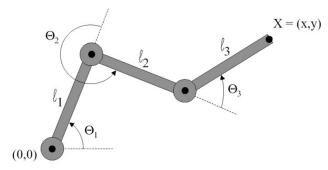
11. előadás

Animáció Animálható tulajdonságok Animáció típusok Hierachikus rendszerek

Előrehaladó kinematika Inverz kinematika

Példa

- Egyenletek száma: 2, ismeretlen változók száma: 3 ⇒
 Végtelen sok megoldás!
- Rendszer DOF > végberendezés DOF
- Az emberi csontváz kb 70 DOF!





http://cg.elte.hu