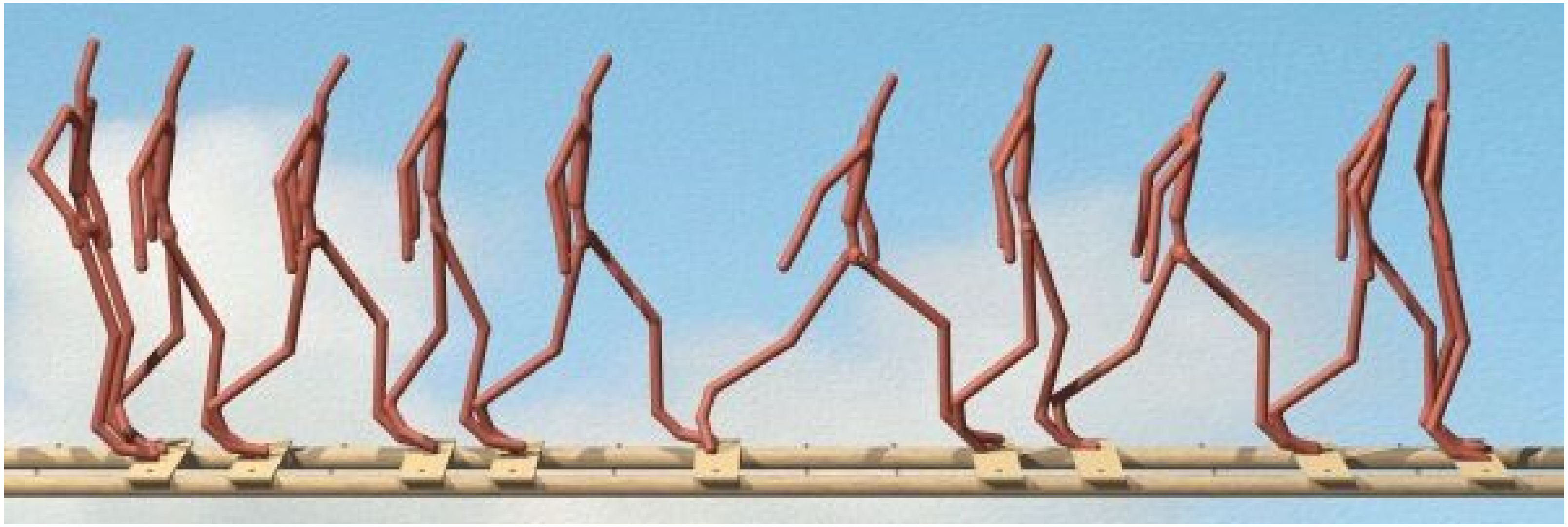
Animácia chôdze človeka po nepravidelnom teréne

Jaroslav Semančík
Jaroslav.Semancik@mff.cuni.cz
KSVI MFF UK



10. 5. 2004

Úvod

- animácia človeka vo virtuálnych prostrediach
- interaktívnosť vs. lineárna animácia
- čo je “nepravidelný terén”
- prístupy
  - kľúčovanie (keyframing)
  - procedurálne, fyzikálna simulácia
  - snímanie pohybu (motion capture)
- knižnica pohybov, parametre
- chôdza zložená z krokov, zadaná stopami

Obsah

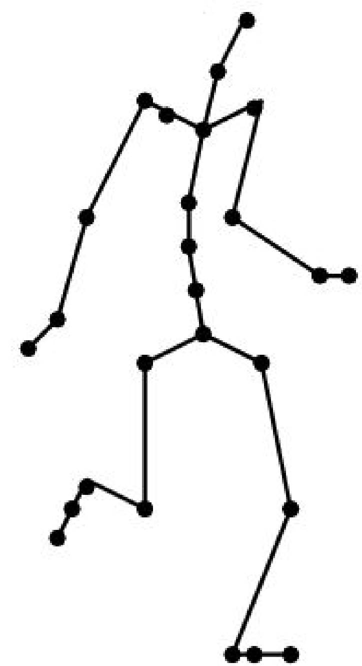
- Snímanie pohybu
- Reprezentácia nasnímaného pohybu
- Interpolácia pohybov
- Tvorba jednotlivých krokov
- Spojenie krokov do súvislej animácie
- Výsledky
- Literatúra

I. Snímanie pohybu (Motion capture)

- elektromechanické, magnetické, **optické**
- Vicon
- snímanie, postprocessing
- výstupné data, .bvh
- → *ukážka*
- príprava knižnice

II. Reprezentácia pohybu

- model kostry (articulated figure)
- pohyb kostry – orientácie kostí $\mathbf{r}_j(t)$ meniace sa v čase
  + posunutie celej kostry $\mathbf{t}$
- orientáciu v priestore reprezentuje jednotkový kvaternión
- výhody oproti Eulerovým uhlom a maticiam



Rotácie v priestore pomocou kvaterniónov

- $q = (x, y, z, w) = w + xi + yj + zk$

$$\begin{aligned} i^2 &= j^2 = k^2 = ijk = -1 \\ ij &= -ji = k \\ jk &= -kj = i \\ ki &= -ik = j \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 0 &= (0, 0, 0, 0) \\ 1 &= (0, 0, 0, 1) \end{aligned}$$

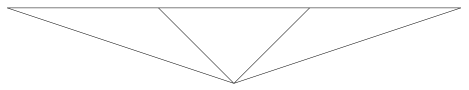
- operácie $+, -, \cdot, \ ^{-1}, \| \cdot \|$
- otočenie v priestore okolo osi $\mathbf{a} \in \mathbb{R}^3$ o uhol $\alpha \in \mathbb{R}$ reprezentuje jednotkový kvaternión

$$q = (\mathbf{a} \sin \frac{\alpha}{2}, \cos \frac{\alpha}{2}), \quad q \in \mathbb{S}^3$$

Rotácie v priestore pomocou kvaterniónov

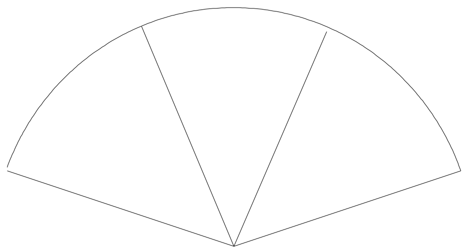
- rotácia vektora kvaterniónom: $(\mathbf{v}', 0) = q \cdot (\mathbf{v}, 0) \cdot q^{-1}$
- skladanie rotácií: $q = q_2 q_1$
- opačná rotácia: q^{-1}
- interpolácia rotácií
  - lineárna

$$\mathrm{lerp}(q_1, q_2, t) = (1-t)q_1 + tq_2$$



  - sférická lineárna

$$\mathrm{slerp}(q_1, q_2, t) = q_1^{1-t} \cdot q_2^t$$



Reprezentácia pohybu

- reprezentácia pohybu
  - samotné pohybové dáta

$$\mathbf{M}(t) = \{\mathbf{t}_i(t), \mathbf{r}_j(t) \mid i = 1, \ldots, m_t,\ j = 1, \ldots, m_r,\\ \mathbf{t}_i(t) \in \mathbb{R}^3,\ \mathbf{r}_j(t) \in \mathbb{S}^3\}.$$

  - parametre $\mathbf{p} \in \mathbb{R}^d$
  - "keytimes" $\{K_i\}_{i=0}^{k}$

III. Interpolácia pohybov

- ako definovať priemer dvoch pohybov?
- kombinácia viacerých pohybov $\mathbf{M}_1, \ldots, \mathbf{M}_n$ s váhami, $w_1, \ldots, w_n$ pričom $\sum_{l=1}^{n} w_l = 1$ je vážený súčet
$$\mathbf{M} = \sum_{l=1}^{n} w_l \mathbf{M}_l$$
- nazvime pózou
$$\mathbf{M}(t_0) = \mathbf{P} = \{\mathbf{t}_i, \mathbf{r}_j \mid i = 1, \ldots, m_t,\ j = 1, \ldots, m_r\}$$
- súčet pohybov je súčet príslušných póz $\mathbf{P}_1, \ldots, \mathbf{P}_n$ pre každé t_0, tj súčet jednotlivých posunutí a rotácií cez všetky pózy

Interpolácia pohybov

- !problém – prečo nemožno sčítať pózy pre pevné t_0
- $\rightarrow$ *ukážka*
- riešenie: sčítavať pózy, ktoré si odpovedajú v zmysle štruktúry pohybu
- generický čas pre pohyb $\mathbf{M}$ s $\{K_i\}_{i=0}^{k}$

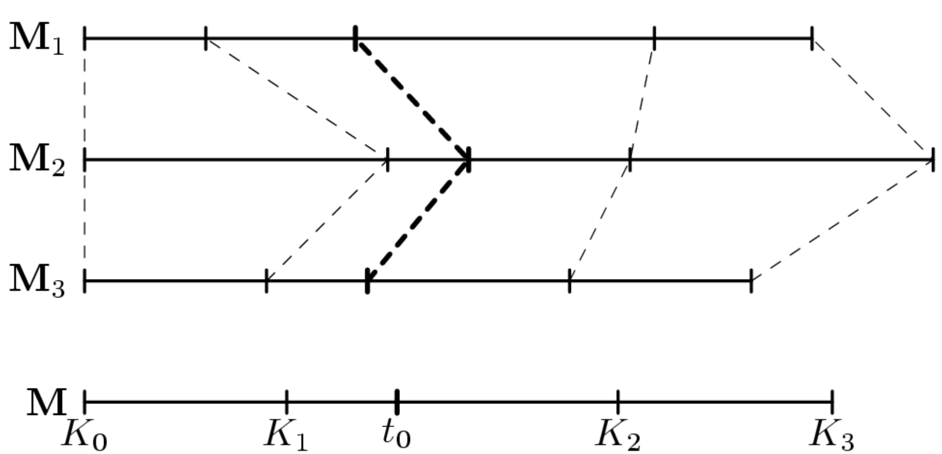
$$g_{\mathbf{M}}(t) = i + \frac{t - K_i}{K_{i+1} - K_i}, \quad K_i \leq t < K_{i+1}$$

$$g_{\mathbf{M}}^{-1}(t) = K_i + (t - i)(K_{i+1} - K_i), \quad i = \lfloor t \rfloor$$

Vyhodnotenie interpolovaného pohybu

- Ako vyhodnotiť interpolovaný pohyb $\mathbf{M}$ v čase t_0 ?

1. pre $i = 1, \ldots, k$ vypočítaj $K_{\mathbf{M},i} = \sum_{l=1}^{n} w_l K_{\mathbf{M}_l,i}$
2. vypočítaj $g_0 = g_{\mathbf{M}}(t_0)$
3. pre $i = 1, \ldots, n$ vyhodnoť pózy $\mathbf{P}_i = \mathbf{M}_i(g_{\mathbf{M}_i}^{-1}(g_0))$
4. sčítaj vážené posunutia v pózach
5. sčítaj vážené rotácie v pózach + normalizácia



IV. Tvorba jednotlivých krokov

- v knižnici máme nasnímaných niekoľko variácií rovnakého pohybu pre rôzne parametre
- $\rightarrow$ *ukážka*
- ako vytvoriť nový pohyb pre daný vektor parametrov $\mathbf{p}$ – tj. ako z $\mathbf{p}$ nájsť váhy $w_1, \ldots, w_n$ do váženého súčtu pohybov
- pre $\mathbf{p} = \mathbf{p}_i, \qquad w_j = \delta_{ij}, \qquad \delta_{ij} = \begin{cases} 1 & i = j \\ 0 & i \neq j \end{cases}$
- poznáme zobrazenie $w_i(\mathbf{p})$ v niekoľkých diskrétnych bodoch, spojite dodefinovať pre všetky $\mathbf{p}$
- viacrozmerná rozptýlená (scattered) interpolácia

Viacrozmerná rozptýlená interpolácia

- všeobecne, pre dané $\mathbf{x}_1, \ldots, \mathbf{x}_n \in \mathbb{R}^d$
  $f_1, \ldots, f_n \in \mathbb{R}$

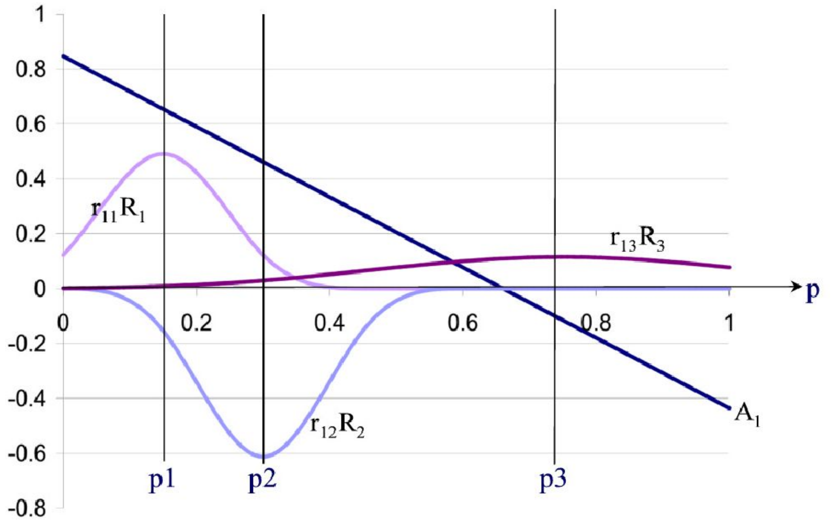
  nájsť spojitú $F : \mathbb{R}^d \to \mathbb{R}, \quad F(\mathbf{x}_i) = f_i$
- v našom prípade nájsť $(w_1(\mathbf{p}), \ldots, w_n(\mathbf{p}))$ aby

$$w_j(\mathbf{p}_i) = \delta_{ij}, \qquad \sum_j w_j(\mathbf{p}) = 1$$

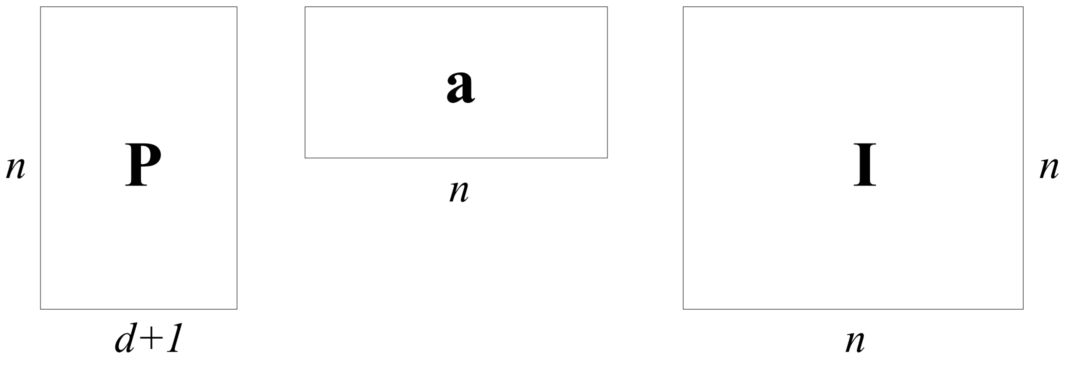
- interpolačná schéma spojitá, hladká, dobre škálovateľná do vyšších rozmerov
- lineárna aproximácia + korekcia pomocou RBF funkcií

Lineárna aproximácia

- váhami v bodoch $\mathbf{p}_i$ preložíme d-rozmernú nadrovinu metódou najmenších štvorcov
- 1D príklad



- $\mathbf{P}_{n\times d+1} \cdot \mathbf{a}_{d+1\times n} = \mathbf{I}_{n\times n}$



RBF korekcia

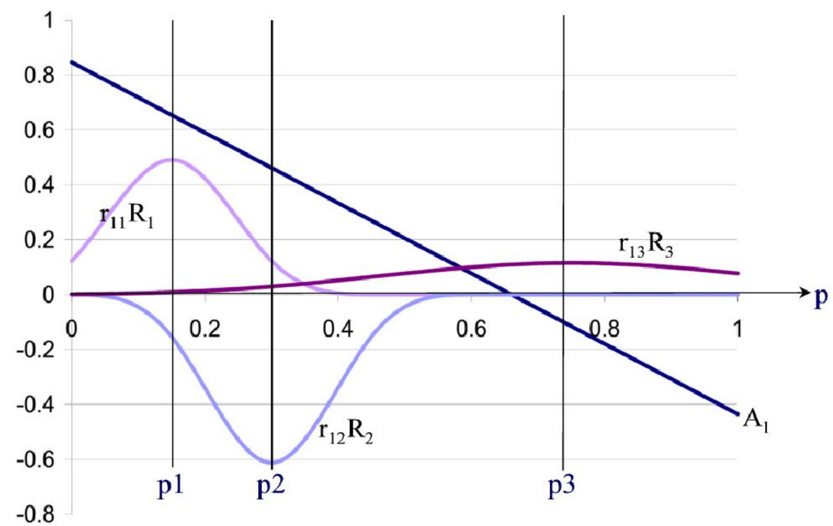
- odchýlky od aproximujúcej nadroviny

$$q_{ij} = \delta_{ij} - \sum_{l=0}^{d} a_{lj} A_l(\mathbf{p}_i)$$

- vyrovnávame RBF funkciami
- čo je RBF (Radial Basis Function)

$$R(\mathbf{p}) = f(\|\mathbf{p} - \mathbf{p}_0\|)$$

f – gausián (B-spline)



RBF korekcia

- n korigujúcich RBF funkcií R_i centrovaných do jednotlivých $\mathbf{p}_i$
- polomer R_i je dvojnásobkom vzdialenosti k najbližšiemu inému $\mathbf{p}_j$
- k lineárnej aproximácii pričítame lineárnu kombináciu všetkých RBF

$$w_i(\mathbf{p}) = \sum_{l=0}^{d} a_{li} A_l(\mathbf{p}) + \sum_{j=1}^{n} r_{ji} R_j(\mathbf{p})$$

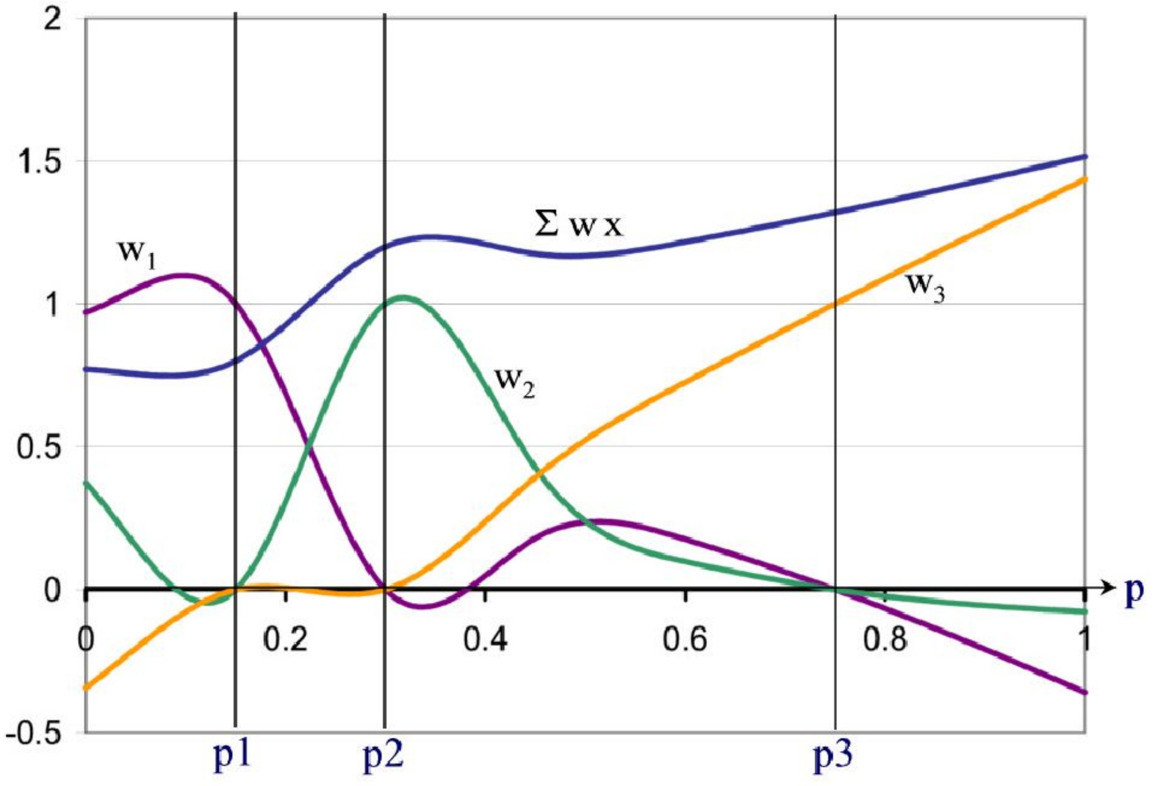
- ako nájsť príslušné koeficienty

$$\mathbf{Q}_{n\times n} \cdot \mathbf{r}_{n\times n} = \mathbf{q}_{n\times n}$$

Výsledné váhy

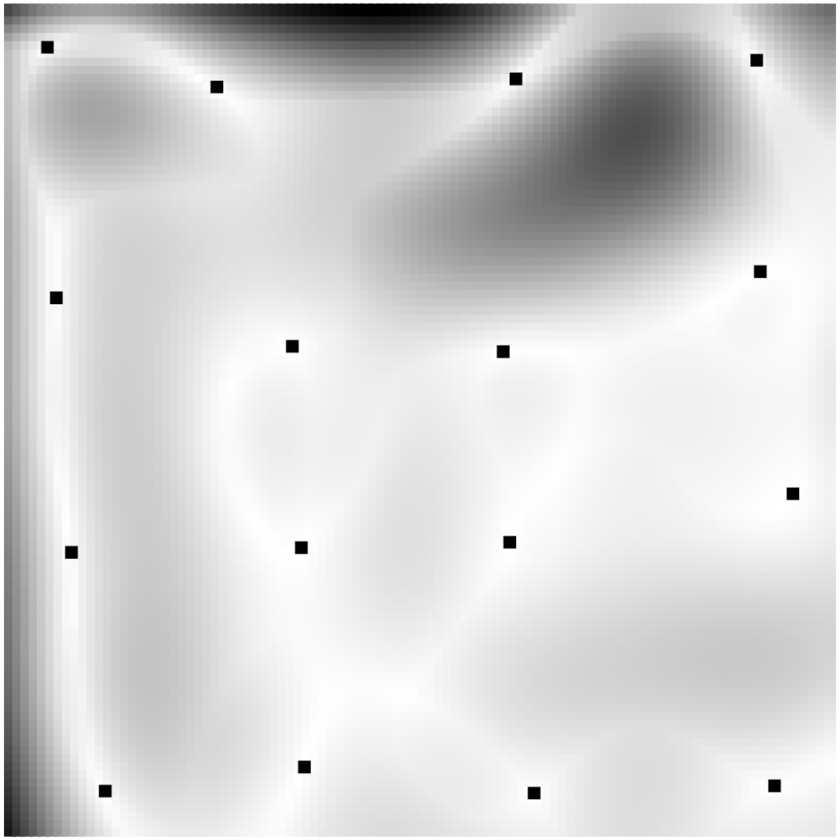
- výsledné váhy pohybov z knižnice

$$w_i(\mathbf{p}) = \sum_{l=0}^{d} a_{li} A_l(\mathbf{p}) + \sum_{j=1}^{n} r_{ji} R_j(\mathbf{p})$$

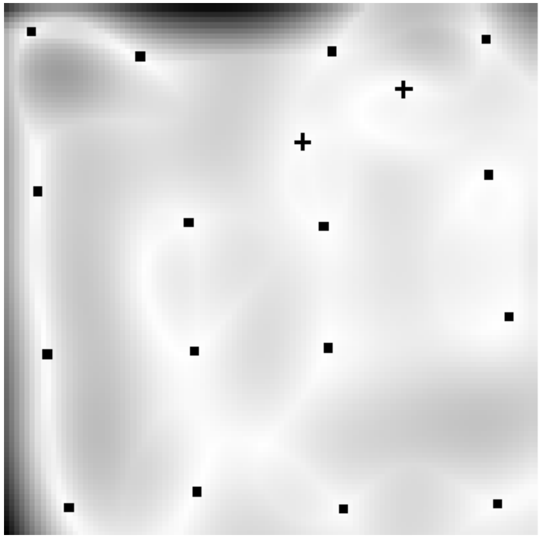


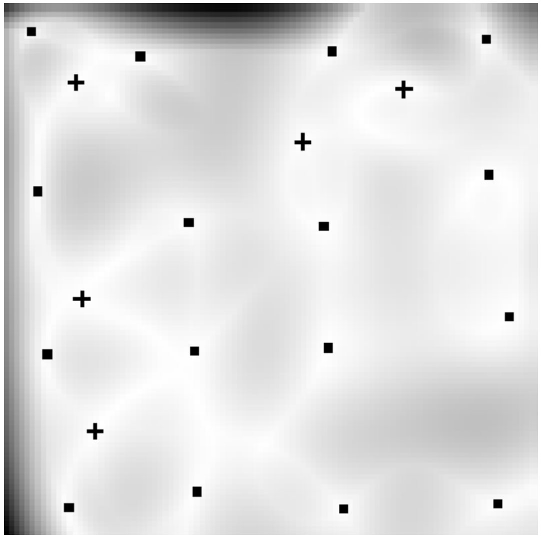
Chyba interpolácie

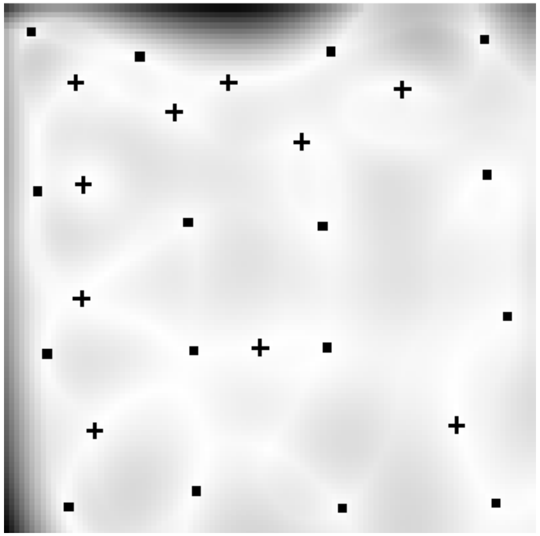
- run-time korekcia
- spresenie interpolácie
- vloženie nových bodov do priestoru parametrov a prepočítanie koeficientov interpolácie
- vždy do miesta s najväčšou chybou
- opakovane

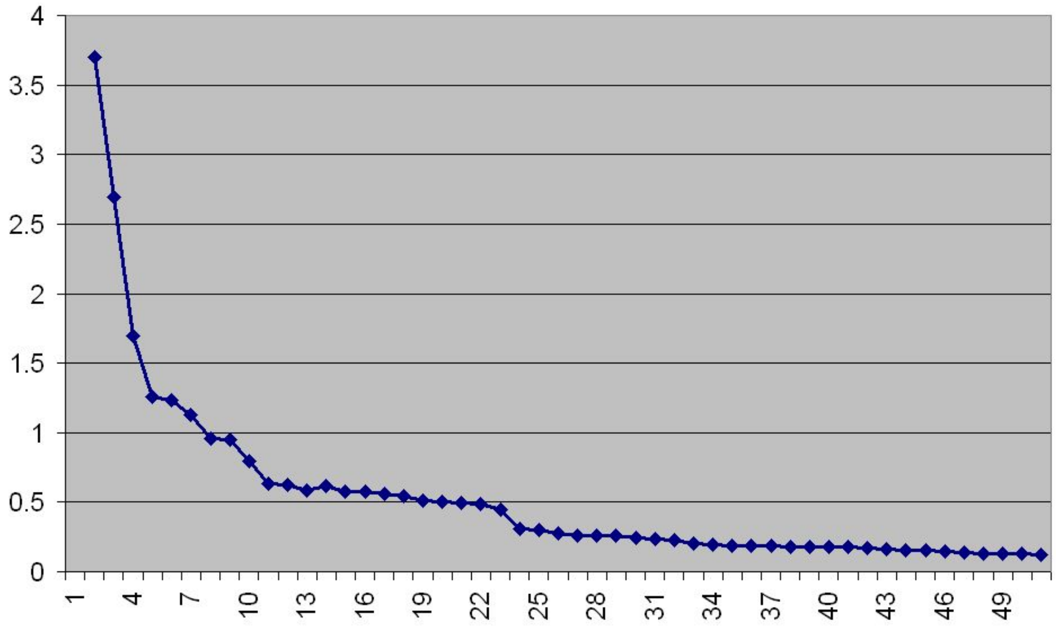


Spresnenie interpolácie







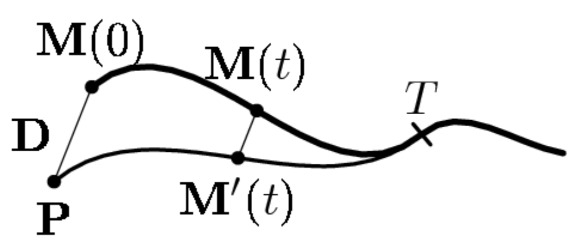


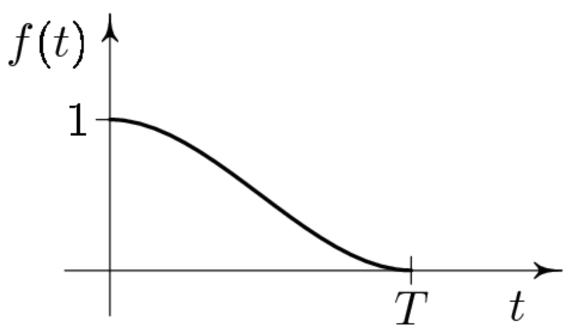
V. Spojenie krokov do súvislej chôdze

- knižnica obsahuje “normalizované” pohyby
- avatar má svoju polohu a rotáciu
- chôdza – postupnosť krokov
- problém! – skoková zmena pózy medzi krokmi
- $\rightarrow$ *ukážka*
- vyhladenie

$$\mathbf{D} = \mathbf{P} - \mathbf{M}(0)$$

$$\mathbf{M}'(t) = f(s)\mathbf{D} + \mathbf{M}(t)$$





VI. Výsledky

- $\rightarrow$ *ukážka*
- $\rightarrow$ *animácie*
- výkon – runtime, preprocessing
- problémy
- využitie pre iné pohyby ako chôdza
- “future work”
- homepage: **`http://cgg.ms.mff.cuni.cz/~semancik/phd/`**

VI. Literatúra

- COHEN, M. F. – ROSE, C. F. – SLOAN, P. J. Artist-directed inverse-kinematics using radial basis function interpolation. Computer Graphics Forum, 20(3), 2001.
- ROSE, C. F. – COHEN, M. F. – BODENHEIMER, B. Verbs and adverbs: Multidimensional motion interpolation. IEEE Computer Graphics and Applications, 18(5), 1998.
- SLOAN, P. J. – ROSE, C. F. – COHEN, M. F. Shape by example. Proceedings of the 2001 symposium on Interactive 3D graphics, 2001.
- WILEY, J. D – HAHN, J. K. Interpolation synthesis of articulated figure motion. IEEE Computer Graphics and Applications, 17(6), 1997.
- LAMOURET, A. – PANNE, M. Motion synthesis by example. Proceedings of the Eurographics workshop on Computer animation and simulation '96, 1996.
- WATT, A. – WATT, M. Advanced animation and rendering techniques. ACM Press, 1991.