



Redukce velikosti dynamických sítí

Libor Váša

Západočeská Univerzita v Plzni
Katedra informatiky a výpočetní techniky
Centrum počítačové grafiky a vizualizace dat

Plán

- definice
- komprese (nemění konektivitu)
 - prediktory
 - wavelety
 - PCA
- simplifikace
 - statické
 - dynamické
 - globální kritéria
 - multiresolution dynamic mesh

Definice

- **dynamická síť**
 - série statických trojúhenníkových sítí
 - nemění se konektivita (stejný počet vrcholů, stejná incidence trojúhelníků)
 - reprezentuje vývoj nějakého povrchu v čase (ani geometrie se nemění „moc“)



Definice

- **problém:**
 - jednoduchý model:
 - 30000 vrcholů
 - jednoduchá animace:
 - 500 snímků (20 sekund)
 - vrchol = 3 souřadnice x 16 bajtů
- = **686 MB!** (+ konektivita, naštěstí jenom jedna)

Redukce

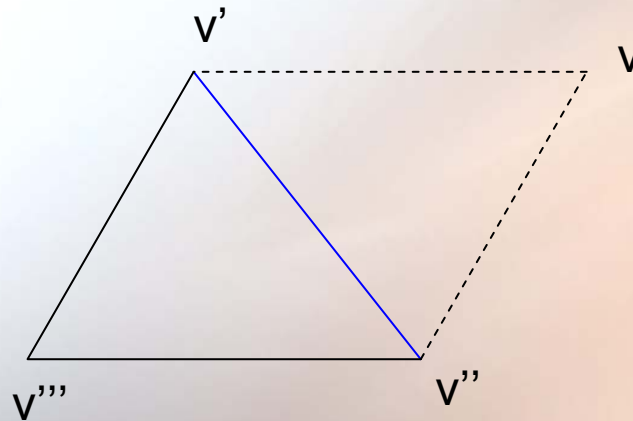
- **komprese**
 - nemění topologii
 - mění geometrii (posouvá vrcholy)
- **simplifikace**
 - mění topologii (obvykle vypouští vrcholy)
 - často mění i geometrii

Komprese

- **delta kódování**
 - **prediktor** – odhadne polohu dalšího vrcholu na základě polohy vrcholů které už jsou zakódované/dekódované
 - posílá se jenom rozdíl mezi skutečnou a odhadnutou polohou (**reziduum**)
 - menší entropie => lepší komprese (zvyšuje efektivitu aritmetického kódování apod.)
 - hledáme prediktor s nejmenším reziduem

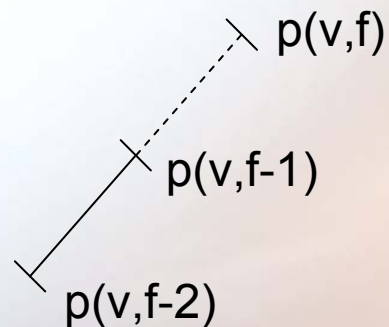
Prostorové prediktory

- $\text{pred}(v,f) = p(v-1,f)$
- $\text{pred}(v,f) = 1/N(p(v-1,f) + p(v-2,f) + \dots + p(v-N,f))$
- $\text{pred}_{\text{paral}}(v,f) = p(v',f) + p(v'',f) - p(v''',f)$



Časové prediktory

- $\text{pred}(v,f) = p(v,f-1)$
- $\text{pred}(v,f) = p(v,f-1) + (p(v,f-1) - p(v,f-2))$



Časoprostorové prediktory

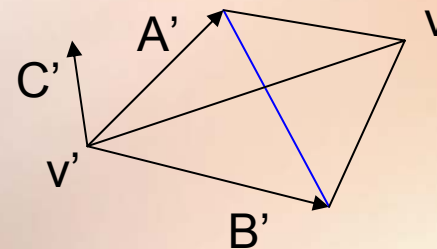
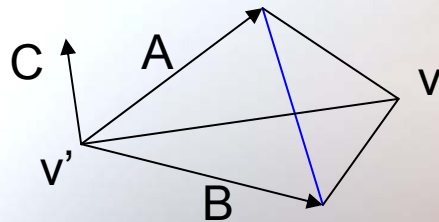
- **ELP predictor**

- $\text{pred}(v, f) = \text{pred}_{\text{paral}}(v, f) - \text{pred}_{\text{paral}}(v, f-1) + p(v, f-1)$

- **Replica predictor**

- $p(v, f-1) = p(v', f-1) + aA + bB + cC$

- $\text{pred}(v, f) = p(v', f) + aA' + bB' + cC'$



Waveletová komprese

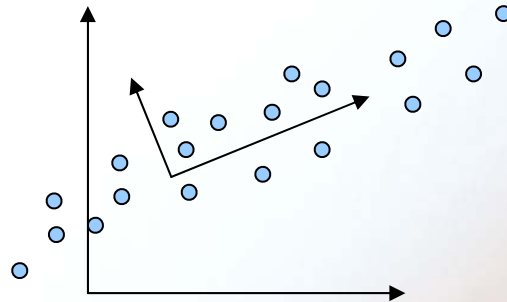
- trajektorie vrcholu = (vzorkovaný) signál
- idea:
 - aplikovat waveletovou dekompozici



- zakódovat každou úroveň s optimální kvantizací

PCA komprese

- **Principal Component Analysis**
 - vstup – množina vzorků (vektorů)
 - výstup – **dekorelovaná báze**



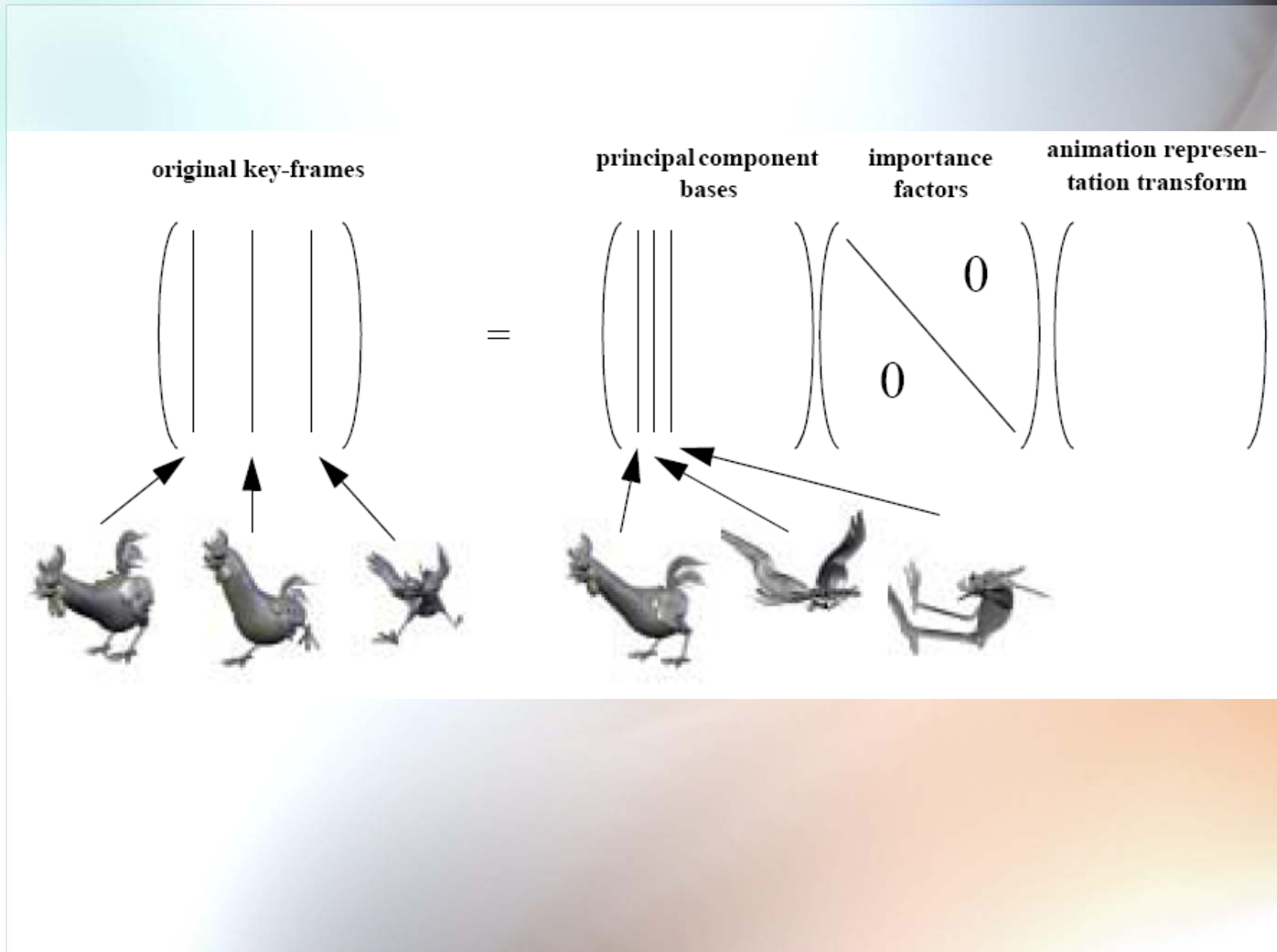
- pozorování: obvykle jen několik málo bazových vektorů výrazně přispívá k hodnotě vzorků

Principal component analysis

- vzorky $s_1, s_2, \dots, s_n$
- odečíst průměr
- matice $S = (s_1, s_2, \dots, s_n)$
- **kovarianční matice** $C = SS^T$
- vlastní vektory B_n = nová báze prostoru
- vlastní čísla matice C = důležitostní faktory
- koeficienty $c_n = s_n^T(B_1, B_2, \dots, B_n)$
 - většina koeficientů jsou malá čísla
 - část zanedbáme, nepřeneseme.

Prostorová PCA

- vzorek = jeden snímek animace
- obvykle méně vzorků než rozměrů
 - Singulární C, nevadí, použijeme SVD
- bazové vektory – vlastní tvary (**EigenShapes**)
- problémy
 - rigidní pohyb – špatně se analyzuje pomocí PCA, nutno nejprve najít a odstranit
 - výpočetní náročnost SVD
 - nevyužívá časovou koherenci (použít LPC)



Časová PCA

- vzorek – trajektorie vrcholu
- víc vzorků než rozměrů -> EVD
- menší kovarianční matice – rychlejší
- базовé vektory – vlastní trajektorie (**EigenTrajectories**)
- další vylepšení
 - clusterování (CPCA)
 - iterativní opravování clusterů

Simplifikace

- ne všechny vrcholy jsou důležité
- cíl – najít jinou síť (jiné vrcholy, jiné trojúhelníky), která „vypadá“ stejně
- statický/dynamický přístup
- metody
 - clustering
 - decimace
 - collapsing
 - remeshing

Clustering

- pravdielná mřížka
- vrcholy buňky -> jeden vrchol
- extrémně rychlá metoda
- uniformní vzorkování
 - problém s rovnými plochami
- špatná kvalita
- nevhodné pro dynamické sítě (skoky)

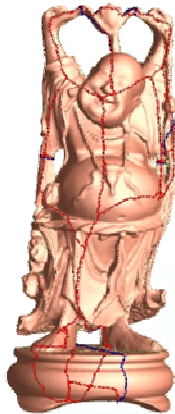
Remeshing

- nahrazení původní konektivity novou
 - rovnostranné (skoro) trojúhelníky (dobře se kódují)
 - mapování povrchu na čtverec
 - *Geometry Image*
 - převzorkování
 - kódování, třeba JPEG
 - problémy na hranách čtverce

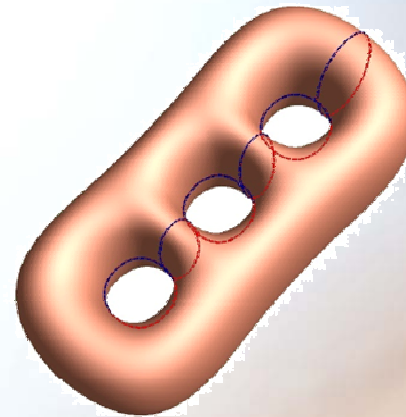
Remeshing



Original (500K faces; genus 1)



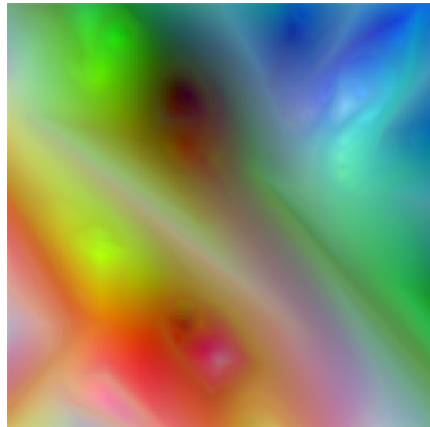
Original (500K faces; genus 6)



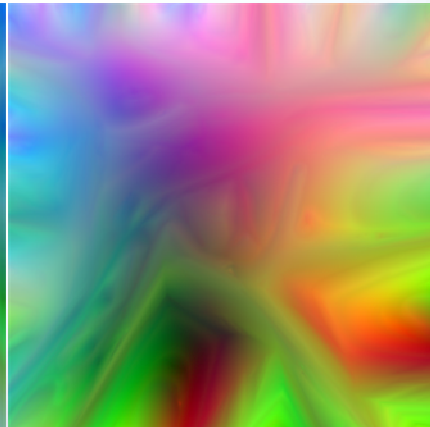
Original (47K faces; genus 3)



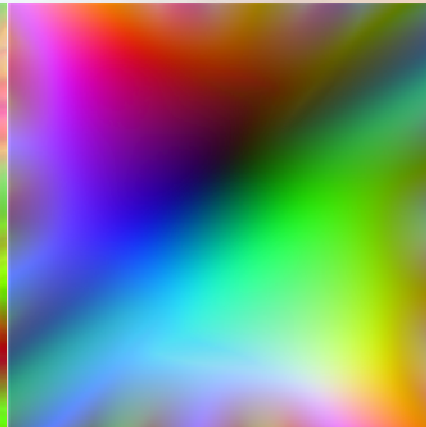
Original (480K faces; genus 0)



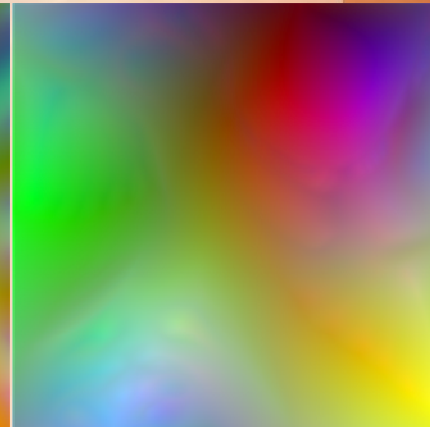
Geometry image (257x257)



Geometry image (257x257)



Geometry image (129x129)



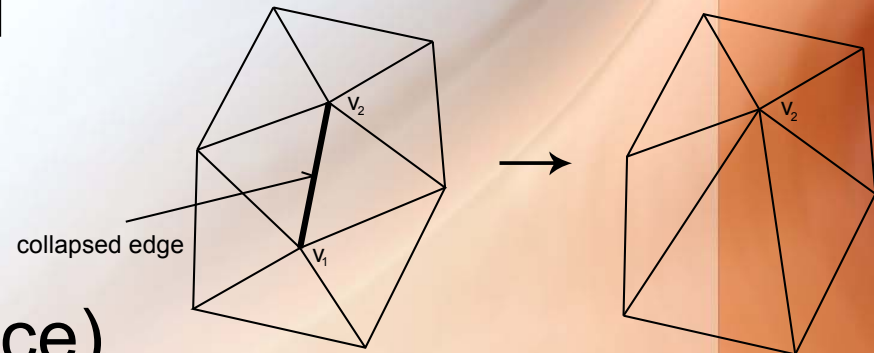
Geometry image (257x257)

Decimace

- ohodnocení důležitosti vrcholů
 - různá kritéria:
 - vzdálenost od normály
 - poloha na hranici sítě
- odstranění nejméně důležitého vrcholu
- retriangluarizace díry
 - problém
 - různé techniky
- používají se jen původní vrcholy

Edge collapsing

- ohodnocení důležitosti hran
- nejméně důležitá hrana zkolabuje do jediného vrcholu
- poloha nového vrcholu
 - v jednom z původních
 - uprostřed
 - někde jinde (optimalizace)
- kontrakce hrany způsobí odstranění dvou degenerovaných trojúhelníků



Důležitost hrany

- **Ronfard**

- vrchol – množina rovin
- nový vrchol – optimální pozice vůči množinám rovin původních vrcholů
- cena kontrakce – největší vzdálenost

- **Lindstrom**

- nová poloha – několik podmínek
 - zachování objemu, plochy (signed)
 - minimalizace změny objemu (unsigned)
 - minimalizace změny plochy (unsigned)
 - bránění flipům
- cena = vážený součet změny objemu a změny plochy

Kvadrkové ohodnocení

kvadrát vzdálenosti bodu p od x v n -rozměrném prostoru:

$$d^2 = \sum_{i=1}^n \left((p-x)^T e_i \right)^2$$

e_i je ortonormální báze prostoru
přepíšeme na

$$d^2 = \sum_{i=1}^n (x-p)^T (e_i e_i^T) (x-p) = (x-p)^T \left(\sum_{i=1}^n e_i e_i^T \right) (x-p)$$

chceme jen některé směry, nebo spíš některé
nechceme

$$d^2 = (x-p)^T \left(I - \sum_{i=1}^m e_i e_i^T \right) (x-p)$$

Kvadrkové ohodnocení II

dá se přepsat jako

$$d^2 = x^T A x + 2b^T x + c$$

Triplet (A, b, c) popisuje lokální tvar objektu

Dá se optimalizovat

Pro všechny body trojúhelníka se nemění

Integrál přes trojúhelník = plocha * Q

Agregovaná kvadrika pro vrchol = vážený součet kvadrik incidentních trojúhelníků

Kvadrika hrany – součet kvadrik vrcholů

Optimum – cena kontrakce, poloha nového vrcholu

Simplifikace dynamické sítě

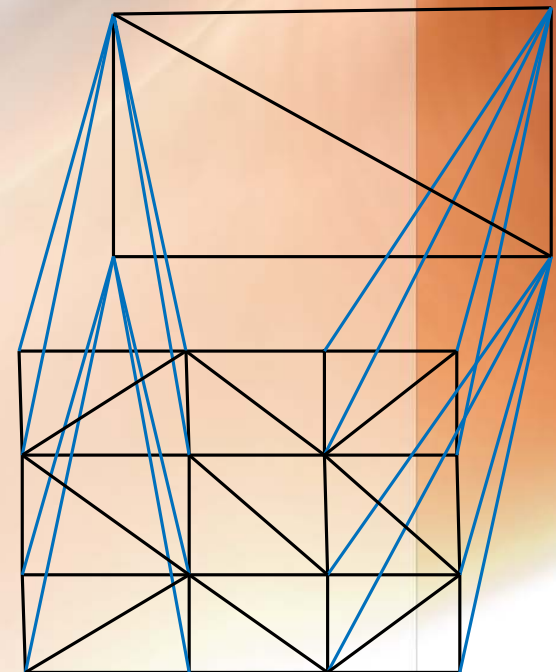
- globální kritérium
 - simplifikuje jednu konektivitu
 - výsledek – konstantní konektivita
 - kritéria:
 - suma kvadrik v jednotlivých snímcích
 - maximum kvadrik v jednotlivých snímcích
- problém se sítěmi, které se výrazně mění
 - simulace růstu...
 - morphing...

Simplifikace dynamické sítě

- *geometry video*
 - obdoba geometry image
 - provede se pro každý snímek
 - zakóduje se MPEGem
- stejné problémy jako geometry image
- navíc problémy plynoucí z dynamiky
 - jedno mapování pro všechny snímky

Simplifikace dynamické sítě

- multiresolution dynamic mesh
 - vzniká postupnou simplifikací v jednom snímku
 - popis grafem:
 - uzel – vrchol
 - hrana
 - hrana (ve stejné úrovni grafu)
 - kontrakční incidence (nemusí být 2:1)



- nemusí být optimální pro následující snímek
 - optimalizace
 - vertexy přecházejí mezi clustery
 - přenáší se jenom parametry swapů
- přenese se jenom hrubá úroveň
- když zbyde čas tak se přenese i nějaká další

Shrnutí

- komprese
 - prediktory
 - wavelety
 - PCA
- simplifikace
 - globální kritéria
 - geometry video
 - multiresolution mesh
- problémy
 - vyřešit dynamiku (řešení optimální v jednotlivých snímcích nemusí být optimální pro sérii snímků)
 - využít časovou koherenci

Dotazy?

Libor Váša

lvasa@kiv.zcu.cz

Centrum počítačové grafiky

a vizualizace dat

Herakles.zcu.cz