

Úvod do mobilní robotiky — AIL028

Martin Dlouhý

md at robotika.cz

<http://robotika.cz/guide/umor07/cs>

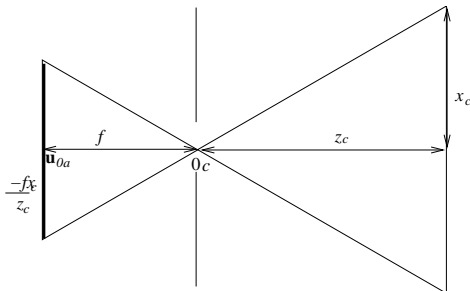
20. prosince 2007

- 1 Počítačové vidění
 - Matematický model
 - Projekce
 - Stereovision
 - Algoritmy

- 2 Augmented reality
 - 3D model světa
 - ProMIS
 - Cvičení — hledání domečku

Model štěrbínové kamery

- Idealizovaný jednoduchý model kamery
- Paprsek světla vychází z bodu scény, prochází štěrbinou kamery a dopadá do roviny obrázku (*image plain*)



Souřadnicové soustavy

souřadnice vnějšího světa — index w

kamerové souřadnice — počátek ve středu štěrbin, osa Z_c
směřuje od kamery, index c

eukleidovské souřadnice v obrázku — osy rovnoběžné
s kamerovými souřadnicemi, ale X_i, Y_i leží v rovině
obrázku, index i

afinní souřadnice obrázku — podobné předchozím, osy U, V, W ,
 U nemusí svírat pravý úhel s V, W .

Projekce prováděná kamerou

- Bod v prostoru \mathbf{x} , světové souřadnice $\mathbf{x}_w = [x_w, y_w, z_w]^T$
- Převod ze světových do kamerových souřadnic: posunutí t a otočení R , tedy platí

$$\mathbf{x}_c = \begin{bmatrix} x_c \\ y_c \\ z_c \end{bmatrix} = R(\mathbf{x}_w - t)$$

- Označíme-li si f ohniskovou vzdálenost, z podobnosti trojúhelníků pro převod do roviny obrázku platí:

$$\mathbf{u}_c = \left[-\frac{fx_c}{z_c}, -\frac{fy_c}{z_c}, -f \right]^T$$

- Zajímají nás především afinní souřadnice tohoto bodu.

Afinní souřadnice

principiální bod — průsečík optické osy s rovinou obrázku.

V afinních odpovídá bodu $\mathbf{u}_{0a} = [u_0, v_0, 0]^T$.

homogenní souřadnice — Bod \mathbf{u} v homogenních souřadnicích můžeme reprezentovat jako $\tilde{\mathbf{u}} = [U, V, W]^T$, a ten se do eukleidovských dvourozměrných souřadnic zobrazí jako $\mathbf{u} = [u, v]^T = [U/W, V/W]^T$.

afinní transformace — celou transformaci lze vyjádřit jako násobení matice 3×3 . Neznámé a , b a c — sklonění a změna měřítka:

$$\tilde{\mathbf{u}} = \begin{bmatrix} U \\ V \\ W \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a & b & u_0 \\ 0 & c & v_0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -\frac{fx_c}{z_c} \\ -\frac{fy_c}{z_c} \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -fa & -fb & u_0 \\ 0 & -fc & v_0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \frac{x_c}{z_c} \\ \frac{y_c}{z_c} \\ 1 \end{bmatrix}$$

Vnitřní a vnější parametry kamery

- Po přenásobení z_c dostaneme:

$$\begin{aligned} z_c \tilde{\mathbf{u}} &= \begin{bmatrix} -fa & -fb & u_0 \\ 0 & -fc & v_0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_c \\ y_c \\ z_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -fa & -fb & u_0 \\ 0 & -fc & v_0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} R(\mathbf{x}_w - t) = \\ &= KR(\mathbf{x}_w - t) \end{aligned}$$

- K se nazývá kalibrační matice kamery a její koeficienty bývají označovány jako vnitřní (*intrinsic*) parametry kamery, matice R a t se označují jako vnější (*extrinsic*) parametry kamery a vypovídají o poloze kamery vzhledem k vnějším eukleidovským souřadnicím.

Projekce — závěr

- umíme transformaci $3D \Rightarrow 2D$
- potřebujeme $2D \Rightarrow 3D$
- co s tím?

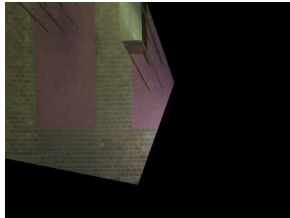
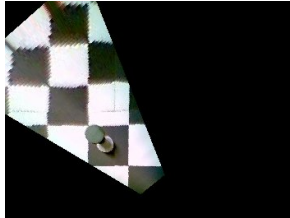
Stereovision

- 3D získáme jako průsečík dvou polopřímek
- více kamer
- jedna kamera + znalost změny polohy
- problém identifikace odpovídajících bodů (matching)

Drobné triky

- aktivní modifikace scény - např. osvětlení viditelným laserem, odečtení obrázku s a bez laseru, threshold
- značky na podlaze, blikající LEDka
- čárové kódy

Referenční 2D plocha



Detekce objektů v obrázku

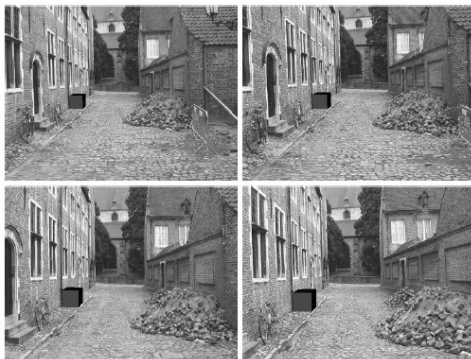
- nalezení hranice hranovým detektorem
- náhodné zvolení dvou reprezentatů
- verifikace výběru
- pokud obrázek obsahuje rovnou čáru a 50% bodů na ní leží, tak pravděpodobnost, že vyberu vhodného kandidáta je 25%.
Pravděpodobnost, že vyberu vhodného kandidáta v 10ti pokusech je $1 - 0.75^{10} = 94\%$

OpenCV

- podpora počítačového vidění
- původně byla vytvořena firmou Intel
- open source
- <http://www.intel.com/research/mrl/research/opencv/>

Augmented reality

- augmented = „rozšířená“
- kombinace virtuální reality se skutečností (video)
- aplikace: architektura, opravářství, medicína. . .



3D model světa

- **Obtaining 3D Models With a Hand-Held Camera** / Marc Pollefeys, SIGGRAPH 2001
- je třeba rozumnět vstupním obrázkům videa
- sledování mnoha bodů scény
- věrohodnost — problémy s osvětlením



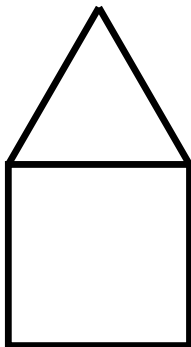
ProMIS

- Professional Minimum Invasion Surgery trainer
- kombinace reálných laparoskopických nástrojů s virtuální realitou
- reálný nebo simulovaný endoskop
- pouze vizuální zpětná vazba
- info: www.haptica.com



Hledání domečku

- úkol: nalézt v obrázku ikonu domu
- domeček = čtverec + rovnostranný trojúhelník
- vstup: barevný obrázek 320×240



Úloha 1: označení domečku

- označit čtverec domečku zeleným křížem



Úloha 2: retušování trojúhelníku

- odmazání části odpovídající trojúhelníku



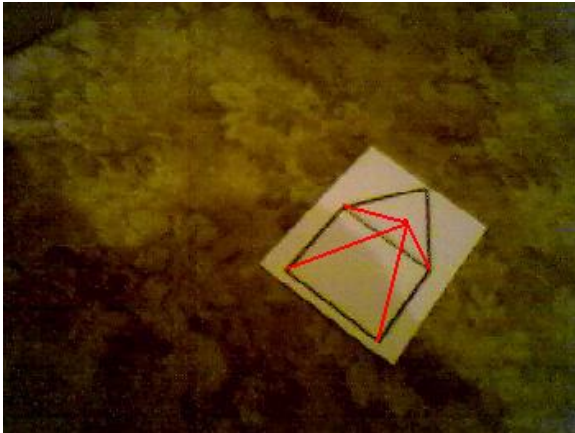
Úloha 3: vložení obrázku

- nahrazení čtverce obrázkem



Úloha 4: 3D jehlan

- nakreslení místo kříže 3D jehlan



Úloha 5: pohyb

- parametrizace předešlých úloh:
 - místo obrázku slide-show nebo TV
 - rostoucí a zmenšující se jehlan

Úloha 6: virtuální okno

- nahrazení čtverce průhledem do jiného (např. virtuálního) světa