

# Rastrové mapy a senzory pro mapování

## **Minulá přednáška**

Pravděpodobnostní plánování (PPP, RRT)

## **Dnešní přednáška**

Rastrové mapy, potenciálová pole, senzory pro mapování

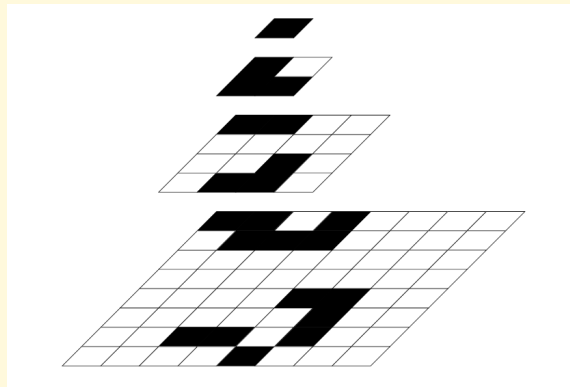
<http://robotika.cz/guide/umor05>

## Je exaktní popis potřeba?

- souřadnice vrcholů (double, 8 bajtů = 1.7E +/- 308 (15 digits))
- velikost atomu  $10^{-10}\text{m}$
- obecné překážky aproximovány
- složitost dána počtem překážek a detailností popisu

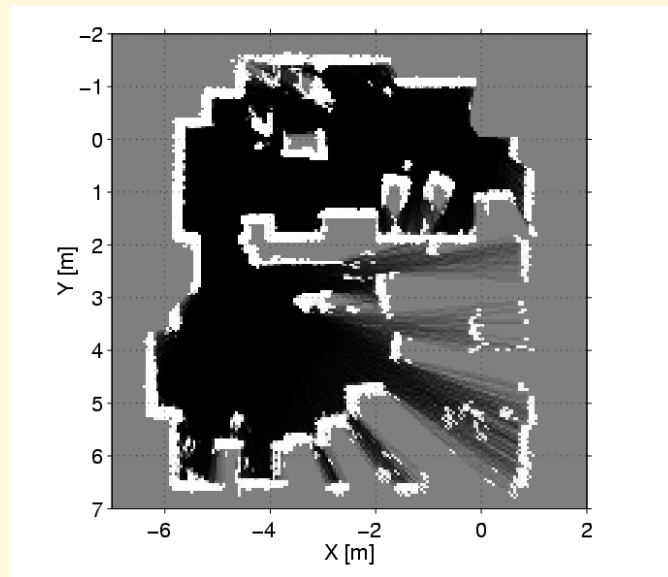
# Alternativa - rastr s pevným rozlišením

- složitost dána velikostí prostoru a rozlišením
- 0/1 = překážka/volno
- mapy s více rozlišeními (velikosti  $2^n \times 2^n$ )



# Pravěpodobnostní mřížky

- pokud není celá mapa předem známa (překážka/volno/nevím)
- hodnoty 0..255 - šedotónový obrázek
- integrace více senzorů
- ??? jak plánovat cestu ???



# Která cesta je nejlepší?

- nejkratší (graf viditelnosti)
- nejbezpečnější (Voronoi diagramy)
- nejrychlejší
- nejjistější
- ??? kombinace ???

# Potenciálová pole

- cíl hřeje, překážky mrazí, jdeme za teplem
- chceme  $U(i, j) = \frac{U(i-1, j) + U(i+1, j) + U(i, j-1) + U(i, j+1)}{4}$
- numerická matematika, Gauss-Siedelova metoda
- iterace - průměr sousedů
- použití "popustnosti" (hra Warlords - různá rychlost postupu zbrojnošů)

$$U^{k+1}(i, j) = \frac{M(i, j)}{4} (U^k(i-1, j) + U^k(i+1, j) + U^k(i, j-1) + U^k(i, j+1))$$

## Potenciálová pole - problémy

- výpočet není real-time
- exponenciální pokles hodnot (double stačí maximálně na 1000 kroků)
- není-li známá pozice tak "rozmazané mapy"

# Senzory pro mapování

- lokalizace (GPS, odometrie, triangulace)
- mapování překážek (sonar, laser, . . . )



# Sonar

- ultrazvukový senzor (6500 series používají 49.1kHz)
- firma Polariod (cena okolo 50\$ včetně analogové desky)
- měření doby letu (TOF = Time Of Flight)
- přijmač i vysílač v jednom
- parametrizovatelný gain
- komplexní vyzařovací lalok
- crosstalk, špatné odrazy



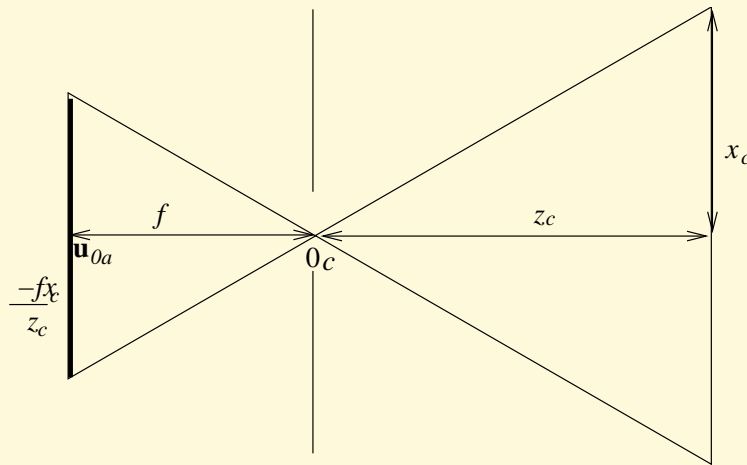
# Laser

- IR světelný paprsek
- německá firma SICK (cena okolo 100000 Kč)
- měření doby letu (TOF = Time Of Flight)
- rozlišení na 8mm, do vzdálenosti 60m
- problém s množstvím dat
- skenuje se pouze jediná rovina



# Model štěrbinové 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:

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

- 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  $3 \times 3$ . 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?



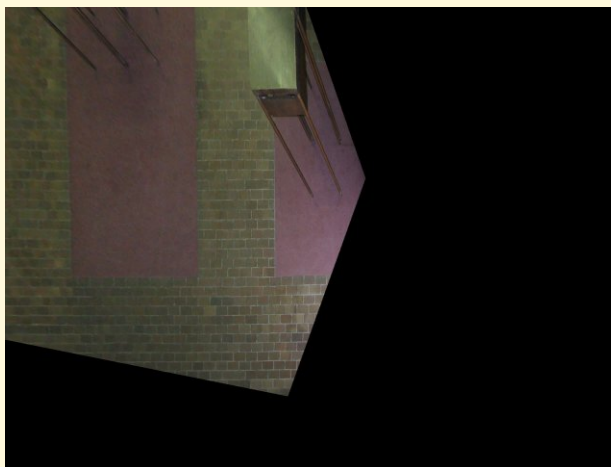
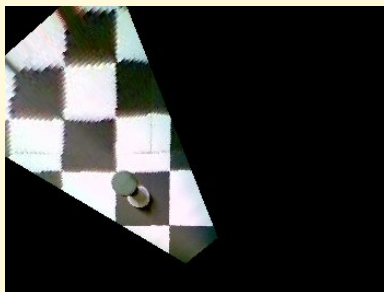
# Stereovision

- 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

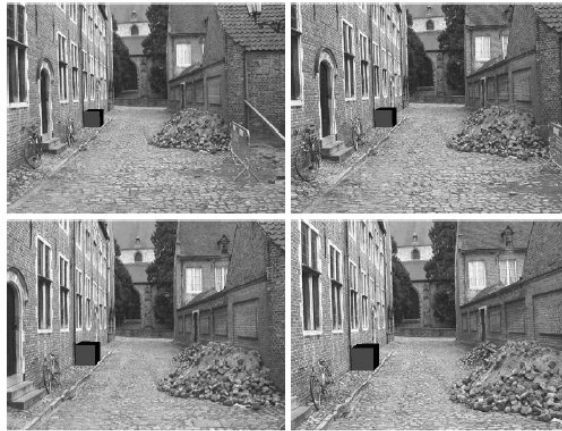
- nalezení hranice hranovým detektorem
- náhodné zvolení dvou reprezentatů
- verifikace výběru
- pokud obrázek obsahuje rovnou čáru a 50% bodů na ní leží, tak pravděpodobnost, že vyberu vhodného kandidáta je 25%. Pravděpodobnost, že vyberu vhodného kandidáta v 10ti pokusech je  $1 - 0.75^{10} = 94\%$

# 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

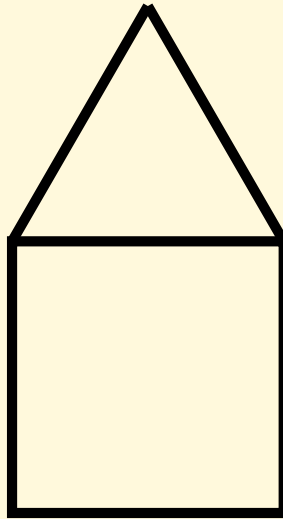
- Professional Minimum Invasision Surgery trainer
- kombinace reálných laparoskopických nástrojů s virtuální realitou
- reálný nebo simulovaný endoskop
- pouze vizuální zpětná vazba
- info: [www.haptica.com](http://www.haptica.com)





# Hledání domečku

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



# Úloha 1: označení domečku

- označit čtverec domečku zeleným křížem



## Úloha 2: retušování trojúhelníku

- odmazání části odpovídající trojúhelníku



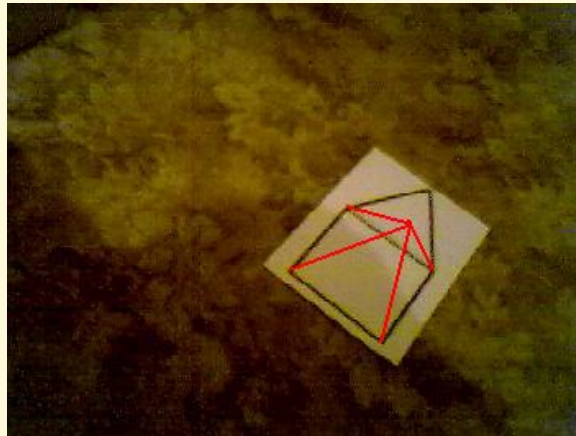
## Úloha 3: vložení obrázku

- 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

## **Na co příště určitě zapomeneme...**

- Seminář z mobilní robotiky
- Eurobot 2006
- Robotický den (dobrovolníci?)
- anketa