

# Mobilní robotika

## Modely prostředí I.

RNDr. Petr Štěpán, Ph.D.  
stepan@labe.felk.cvut.cz

Skupina mobilní robotiky  
Gerstnerova laboratoř  
katedra Kybernetiky  
České vysoké učení technické v Praze

Modely prostředí 5. března 2008

# Obsah

## 1 Modely prostředí a jejich stavba I.

- Mřížky
- Sonarový model
- Laserový model
- Slučování sonaru a lseru
- Model kamery

# Modely prostředí

- senzorická mapa - reprezentace prostředí na nejnižší úrovni abstrakce, využívá přímo senzorická měření - mřížka obsazenosti
- geometrická mapa - reprezentace prostředí geometrickými entitami a jejich vzájemnou polohou
- topologická mapa - grafová reprezentace volných oblastí a jejich vzájemnými vztahy
- symbolická mapa - jména a relace nad mapou, pojmenování objektů a míst v mapě

# Vlastnosti a použití modelů prostředí

- sensorická mapa - vhodná pro fúzi senzorů, velká paměťová náročnost
- geometrická mapa - problém extrakce geometrických primitiv přímo ze sensorických dat, složitá fúze geometrických primitiv, menší paměťová náročnost, organizace dat
- topologická mapa - výhodná pro plánování na velkých datech, efektivní reprezentace, složitější tvorba
- symbolická mapa - nadstavba nad topologickou mapou, souvisí s porozuměním řeči, učení robota

















































## Elfesův model sonarů

$$V_r(\delta) = \begin{cases} 1 - \left(\frac{\delta}{r}\right)^2, & \text{pro } \delta \in \langle 0, r - \epsilon \rangle \\ 0 & \text{jinak} \end{cases}$$

$$O_r(\delta) = \begin{cases} 1 - \left(\frac{\delta - r}{\epsilon}\right)^2, & \text{pro } \delta \in \langle r - \epsilon, r + \epsilon \rangle \\ 0 & \text{jinak} \end{cases}$$

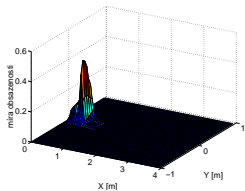
$$A_n(\phi) = \begin{cases} 1 - \left(\frac{2\phi}{\Psi}\right)^2, & \text{pro } \phi \in \left\langle -\frac{\Psi}{2}, \frac{\Psi}{2} \right\rangle \\ 0 & \text{jinak} \end{cases}$$



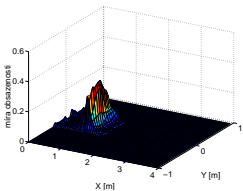




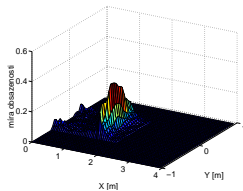
# Statistická analýza sonaru



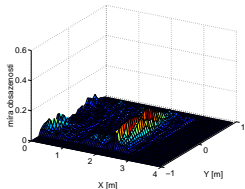
0.5m



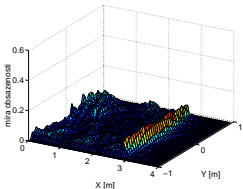
1.0m



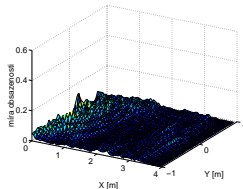
1.5m



2.5m



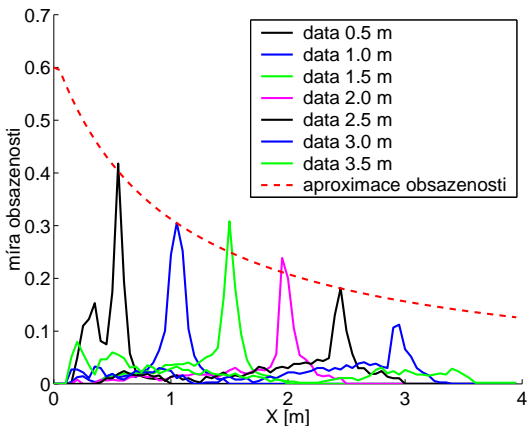
3.0m



3.5m

# Statistická analýza sonaru

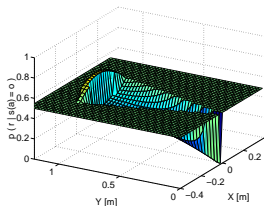
Řez mírou obsazenosti pro jednotlivé vzdálenosti



# Exponenciální modely sonaru

Přesněji je model senzoru definován následujícími rovnicemi:

$$\begin{aligned} model_v^r(\delta, \phi) &= V_r^n(\delta) A_n(\phi) \\ model_o^r(\delta, \phi) &= O_r^n(\delta) A_n(\phi) \end{aligned}$$



Exponenciální model  
sonarů



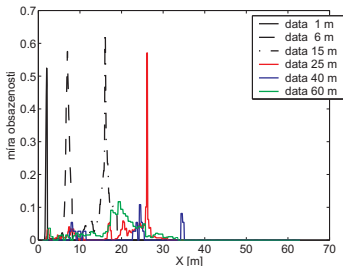
# Exponenciální model sonaru

$$V_r(\delta) = \begin{cases} e^r, & \text{pro } \delta \in \langle 0, r - \epsilon \rangle \\ 0 & \text{jinak} \end{cases}$$

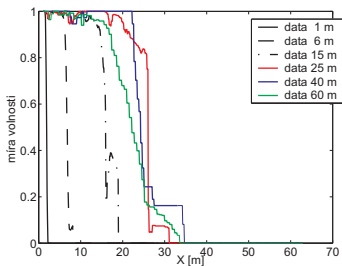
$$O_r(\delta) = \begin{cases} \left(\frac{1}{r}\right) \left(1 - \left(\frac{\delta-r}{\epsilon}\right)^2\right), & \text{pro } \delta \in \langle r - \epsilon, r + \epsilon \rangle \\ 0 & \text{jinak} \end{cases}$$

# Model laserového hloubkoměru

## Statistická analýza laserové hloubkoměru



Míra obsazenosti pro laserový hloubkoměr.



Míra volnosti pro laserový hloubkoměr.

# Model laserového hloubkoměru

Model laserového hloubkoměru pouze filtruje hodnoty měření větší než  $30m$ :

$$model_v^r(\delta) = \begin{cases} 1 - \left(\frac{\delta}{r-\epsilon}\right)^2, & \text{pro } \delta \in \langle 0, r - \epsilon \rangle \\ 0 & \text{jinak} \end{cases}$$

$$model_o^r(\delta) = \begin{cases} 1 - \left(\frac{\delta-r}{\epsilon}\right)^2, & \text{pro } r < 30m \wedge \delta \in \langle r - \epsilon, r + \epsilon \rangle \\ 0 & \text{jinak} \end{cases}$$

# Slučování dat od sonaru a laseru

Slučování dat z laserů a sonarů:

- normální použití slučovacích pravidel
- dvě oddělené mřížky a následné slučování:
  - normálním použitím slučovacích pravidel
  - upřednostněním obsazenosti buněk
  - zohledněním přesnosti senzorů

# Upřednostnění obsazených buněk

Výsledná pravděpodobnost obsazenosti buňky bude vytvářena podle následujících pravidel:

- pokud je alespoň jedna buňka s určitostí obsazená, je výsledná buňka obsazená
- jinak je výsledek dán poměrem míry volnosti a obsazenosti odpovídajících buněk.

Upřednostnění je dáno předzpracováním integrovaných dat:

$$P_u(s(a) = o) = \begin{cases} 1 & , \text{ pro } P(s(a) = o) > 0.75 \\ P(s(a) = o) \cdot 2 - \frac{1}{2} & , \text{ pro } P(s(a) = o) \in < 0.5, 0.75 \\ P(s(a) = o) & , \text{ jinak} \end{cases}$$

# Upřednostnění obsazených buněk

Dempster-shafer

$$p^N(\{O\}) = p^1(\{O\}) + p^2(\{O\}) - p^1(\{O\})p^2(\{O\})$$

$$p^N(\{V\}) = p^1(\{V\})p^2(\{V\}) + p^1(\{V\})p^2(\{V, O\}) + p^1(\{V, O\})p^2(\{V\})$$

Fuzzy přístup upřednostňuje obsazené buňky ze svého principu.









# Filtrace sonarových dat podle laseru

Nechť  $s$  je měření sonarového hloubkoměru,  $\{l_i\}_{i=0}^{mez}$  jsou měření laserového hloubkoměru v oblasti signálu sonarového hloubkoměru a  $min_{prekazka}$  je velikost minimální překážky, pak lze uvedený filtr formálně popsat následujícím způsobem:

$s < \min_{0 \leq i \leq mez} (l_i) - min_{prekazka}$ , integruje pouze měření  $s$

jinak se integrují všechna měření  $\{l_i\}_{i=0}^{mez}$







# Model kamery

Vlastní tvorba mřížky obsazenosti pomocí dat z barevné kamery se skládá z následujících kroků:

- inverzní perspektivní zobrazení převede obraz z kamery do souřadného systému robotu
- přiřazení míry obsazenosti podle detekované barvy
- úprava mřížky s využitím informace o viditelnosti objektů











