Úvod do mobilní robotiky – NAIL028

Rastrové mapy; SLAM

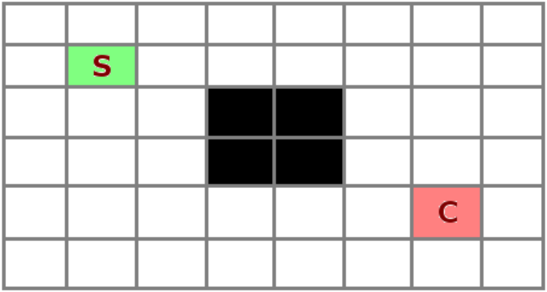
Jiří Iša

Matematicko-fyzikální fakulta Univerzity Karlovy v Praze

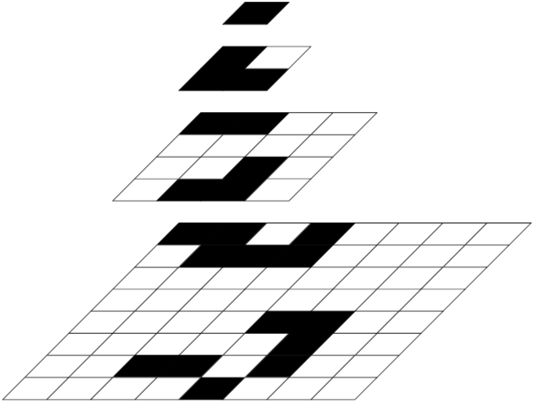
8.1.2009

Obsah

Rastrová mapa



Hierarchická mapa



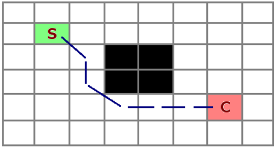
Jaká cesta?

- Nejkratší (dříve grafy viditelnosti)
- Nejbezpečnější (dříve Voronoi diagramy)
- Kompromis (dříve lichoběžníková dekompozice)

Nejkratší cesta

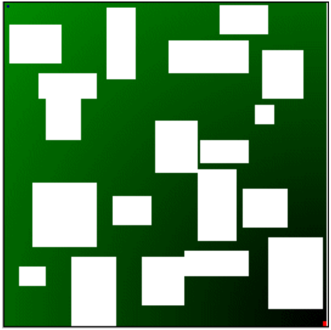
Nejkratší cesta

- A^*



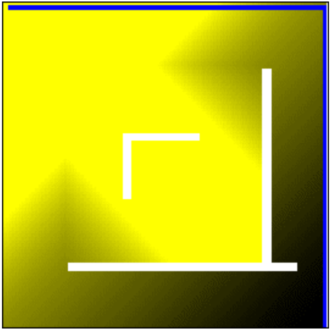
Nejkratší cesta

- A^*
- **Potenciálové pole**



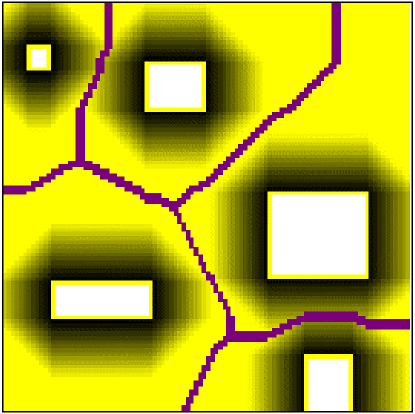
Nejkratší cesta

- A^*
- Potenciálové pole
- **FloodFill / BFS**



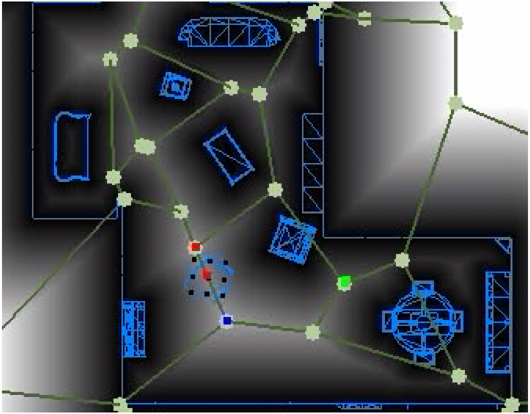
Nejbezpečnější cesta

Nejbezpečnější cesta



Kompromis – rychle a bezpečně

Kompromis – rychle a bezpečně



Kompromis – rychle a bezpečně

- **Chceme:**

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

Kompromis – rychle a bezpečně

- Chceme:

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

- **Možné řešení (1): Soustava rovnic**

Kompromis – rychle a bezpečně

- Chceme:

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

- Možné řešení (1): Soustava rovnic
- **Možné řešení (2): Gauss-Siedelova iterativní metoda:**

$$U_{t+1} := \frac{U_t(i-1,j) + U_t(i+1,j) + U_t(i,j-1) + U_t(i,j+1)}{4}$$

Různý terén

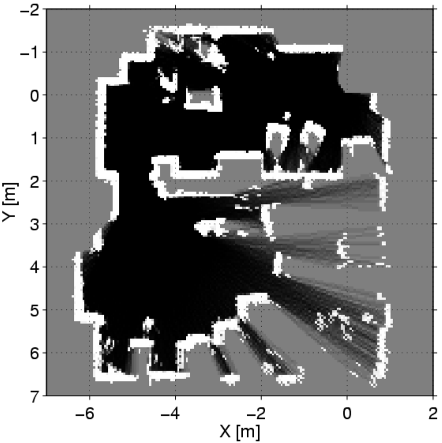
- Chceme:

$$U(i,j) = \frac{M(i,j)\sum_k U(k)}{4}$$

- Gauss-Siedelova iterace:

$$U_{t+1} := \frac{M(i,j)\sum_k U(k)}{4}$$

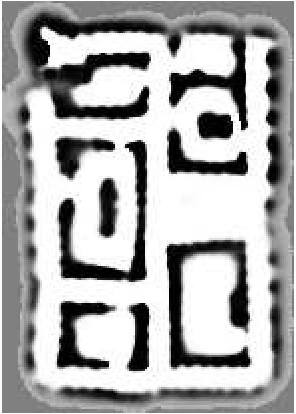
Pravděpodobnostní mřížka



Simultánní lokalizace a mapování (SLAM)

Mapa

- Množina význačných prvků
- Umožňuje rozhodnout, kudy se může robot pohybovat



Úloha

Cíl

$$\operatorname*{argmax}_{\mathbf{m}} \mathbf{P}(\overrightarrow{\mathbf{o}} \mid \overrightarrow{\mathbf{u}}, \mathbf{m})$$

$$\begin{array}{rcl} m & \dots & \text{mapa} \\ o_1, \dots, o_t & \dots & \text{pozorování} \\ u_1, \dots, u_t & \dots & \text{akce} \\ t & \dots & \text{čas} \end{array}$$

Ukázka špatné mapy

(demo)

Ukázka dobré mapy

EM algoritmus – kroky

1. Mám mapu $m(t)$

EM algoritmus – kroky

1. Mám mapu $m(t)$
2. E-krok – odhad historie pozic:

$$P_t(\xi | o, u, m_t)$$

EM algoritmus – kroky

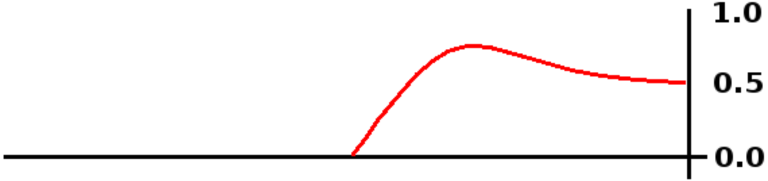
1. Mám mapu $m(t)$
2. E-krok – odhad historie pozic:

$$P_t(\xi | o, u, m_t)$$

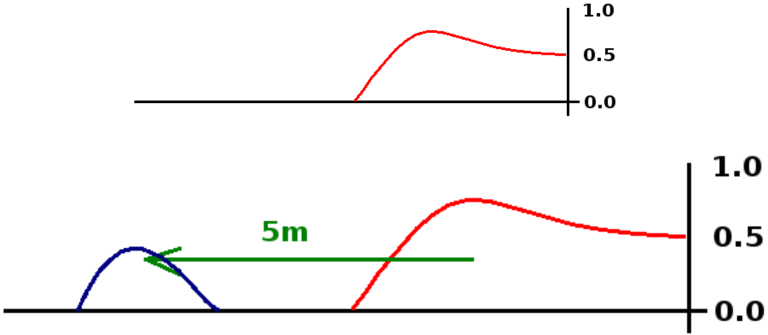
3. M-krok – odhad nové mapy:

$$m_{t+1} \leftarrow \operatorname*{argmax}_m P(o | u, \xi_t)$$

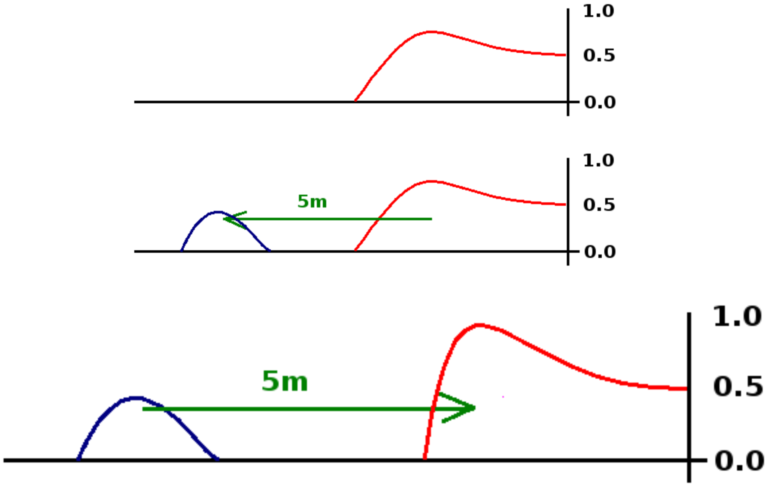
EM algoritmus – příklad



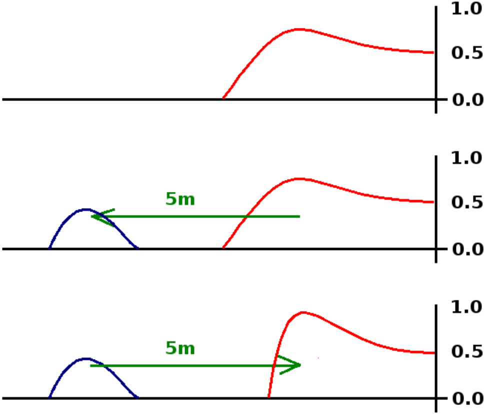
EM algoritmus – příklad



EM algoritmus – příklad



EM algoritmus – příklad



EM algoritmus – výpočet

- E-krok:

$$\begin{aligned} P'(\xi^t | d, m) &= \alpha_\xi^t * \beta_\xi^t \\ \alpha_\xi^t &= P(\xi^t | o^{1,\ldots,t}, u^{1,\ldots,t-1}, m) \\ \beta_\xi^t &= P(\xi^t | o^{t+1,\ldots,T}, u^{t,\ldots,T-1}, m) \end{aligned}$$

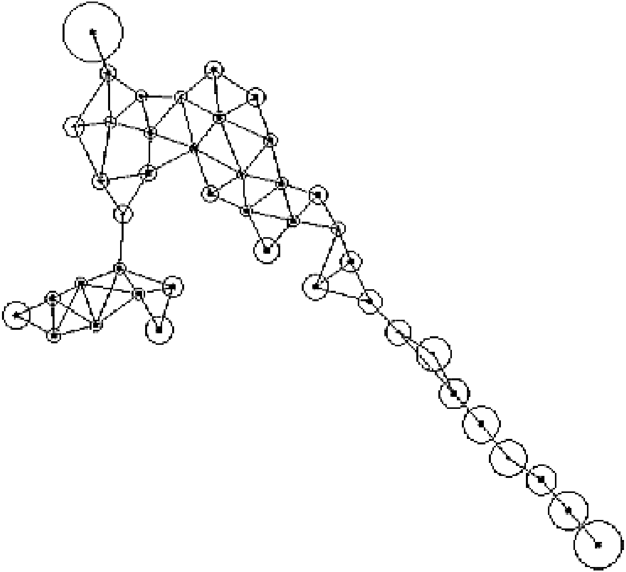
EM algoritmus – výpočet

- E-krok:

$$\begin{aligned} P'(\xi^t|d,m) &= \alpha_\xi^t * \beta_\xi^t \\ \alpha_\xi^t &= P(\xi^t|o^{1,\dots,t}, u^{1,\dots,t-1}, m) \\ \beta_\xi^t &= P(\xi^t|o^{t+1,\dots,T}, u^{t,\dots,T-1}, m) \end{aligned}$$

- M-krok:

$$\begin{aligned} P(m_{xy} = l|d) &= \frac{\#\text{ of times } l \text{ was observed at } <x,y>}{\#\text{ of times something was at } <x,y>} \\ &= \frac{\sum_{t=1}^{T} \int P(m_{xy} = l|o^t, \xi^t) p(\xi^t|d,m)\, d\xi^t}{\sum_{t=1}^{T} \sum_{l' \in L} \int P(m_{xy} = l'|o^t, \xi^t) p(\xi^t|d,m)\, d\xi^t} \end{aligned}$$



Algoritmus

Pro každý vrchol i

1. Pro všechny sousedy j vrcholu i spočítej odhad (x'_{ji}, y'_{ji}) pozice vrcholu i:

$$\begin{aligned} x'_{ji} &= x_j + d_{ji} \cos \theta_{ji} \\ y'_{ji} &= y_j + d_{ji} \sin \theta_{ji} \end{aligned}$$

   a jeho rozptyl:

$$v_{ji} = v_j + u_{ji}$$

2. Zkombinuj všechny odhady pozice vrcholu i:

$$\frac{1}{v_i} = \sum_j \frac{1}{v_{ji}} \qquad x_i = \sum_j \frac{x'_{ji} v_i}{v_{ji}} \qquad y_i = \sum_j \frac{y'_{ji} v_i}{v_{ji}}$$

Zobecněná relaxace

- Bez kompasu
- Obdobně jako předchozí
- Význačné body jsou již nejen landmarky, ale také pozice robota v čase $\longrightarrow$ vzdálenosti se měří mezi pozicemi robota a landmarky
- Lokální optimum

Reference

1. **Sebastian Thrun, Wolfram Burgard, Dieter Fox: Probabilistic Mapping Of An Environment By A Mobile Robot**
2. **Tom Duckett, Stephen Marsland, Jonathan Shapiro: Learning Globally Consistent Maps by Relaxation (ICRA 2000)**
3. Andrew Howard, Maja J. Mataric, Gaurav Sukhatme: Relaxation on a Mesh: a Formalism for Generalized Localization (IROS 2001)